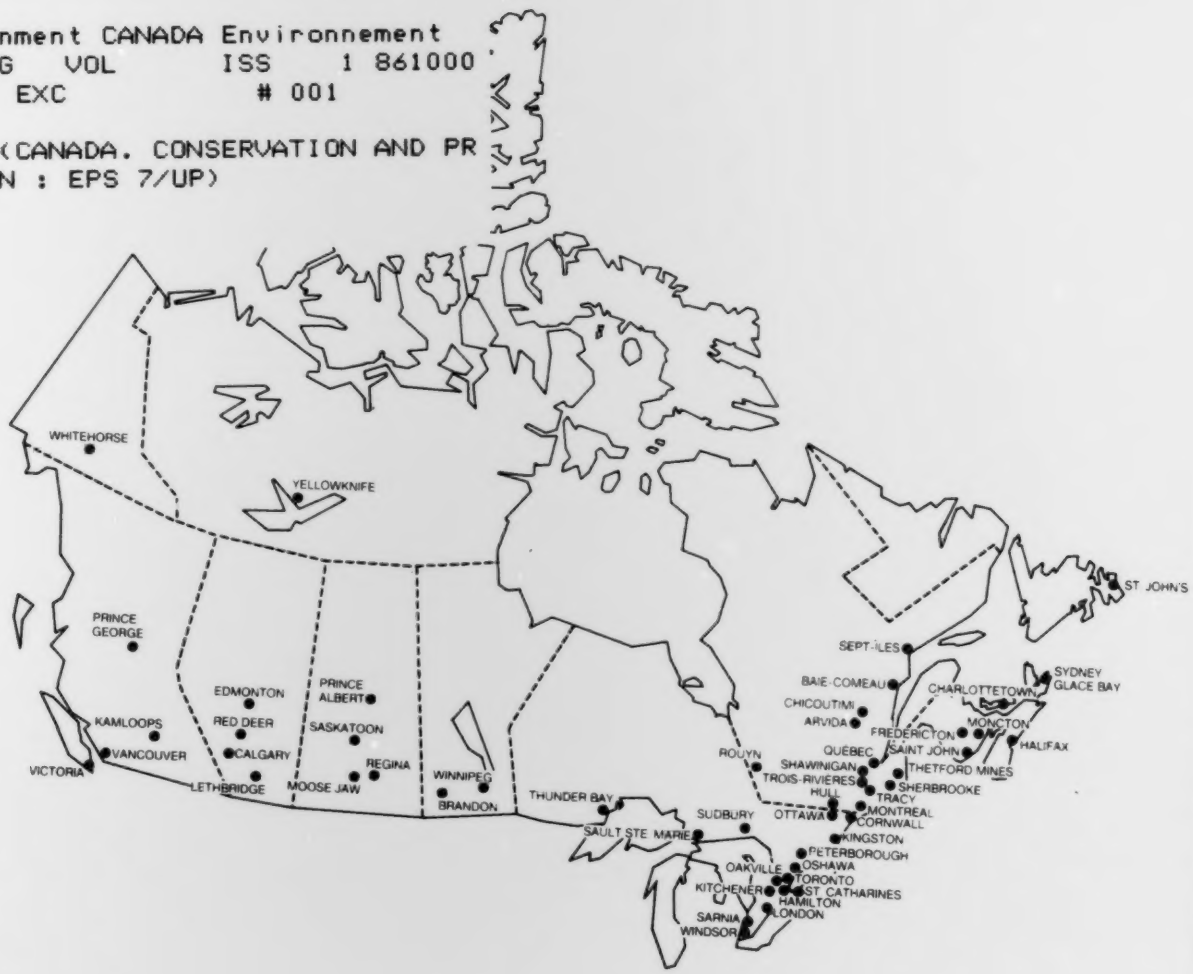
National Urban Air Quality Trends 1974 to 1983

Report EPS 7/UP/1
October 1986

Environment CANADA Environnement
2047214G VOL ISS 1 861000
EXC # 001

REPORT (CANADA. CONSERVATION AND PR
OTECTION : EPS 7/UP)
OOFF



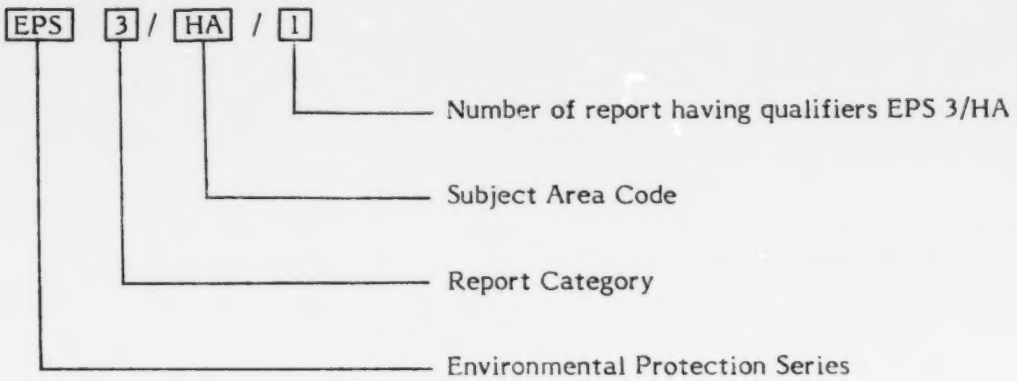
Environment Canada Environnement Canada

Canada

87-01884/

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERIES

Sample Number:



Categories

1	Regulations/Guidelines/Codes of Practice
2	Problem Assessments and Control Options
3	Research and Technology Development
4	Literature Reviews
5	Surveys
6	Social, Economic and Environmental Impact Assessments
7	Surveillance
8	Policy Proposals & Statements
9	Manuals

Subject Areas

AG	Agriculture
AP	Airborne Pollutants
AT	Aquatic Toxicity
CC	Commercial Chemicals
CE	Consumers and the Environment
FP	Food Processing
HA	Hazardous Wastes
IC	Inorganic Chemicals
MA	Marine Pollution
MM	Mining & Mineral Processing
NR	Northern Regions
PF	Paper and Fibres
PG	Power Generation
PN	Petroleum and Natural Gas
SP	Oil & Chemical Spills
SRM	Standard Reference Methods
TS	Transportation
UP	Urban Pollution

New subject areas and codes are introduced as they become necessary. A list of EPS reports may be obtained from Environmental Protection Publications, Conservation and Protection, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E7.

NATIONAL URBAN AIR QUALITY TRENDS 1974–1983

Tom Furmanczyk
Inventory Management Division
Program Management Branch
Conservation and Protection
Environment Canada

Report EPS 7/UP/1
October 1986

READERS COMMENTS

Comments regarding the content of this report should be addressed to:

Chief, Inventory Management Division
Program Management Branch
Environmental Protection
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0E7

© Minister o. Supply and Services Canada 1986
Cat. No. En 49-8/7-1E
ISBN 0-662-14994-7
BEAUREGARD PRESS LIMITED

ABSTRACT

The air quality data analysed in this report were provided by the National Air Pollution Surveillance (NAPS) monitoring network, which maintains air monitoring stations in most Canadian cities with populations of over 50 000. The periods for which valid national data are available and the pollutants considered are:

Sulphur dioxide, 1974 - present
Nitrogen dioxide, 1977 - present
Carbon monoxide, 1974 - present
Ozone, 1979 - present
Suspended particulate, 1974 - present
Lead, 1974 - present
Soiling index, 1974 - present

Monitoring data have been analyzed to determine trends in national average annual concentrations of these contaminants, and have also been compared with the National Ambient Air Quality Objectives. The NAAQO's define three levels of contaminant concentration:

1) Maximum Desirable - defines the long-term goal for air quality which provides a basis for an anti-degradation policy for the unpolluted parts of the country and for the continuing development of control technology;

2) Maximum Acceptable - is intended to provide adequate protection against adverse effects on soil, water, vegetation, materials, animals, visibility, personal comfort, and well-being; and

3) Maximum Tolerable - denotes a concentration of an air contaminant that requires abatement without delay to avoid further deterioration to an air quality that endangers the prevailing Canadian lifestyle or, ultimately, to an air quality that poses a substantial risk to public health.

These levels are defined for various contaminants at various concentrations for different periods of time.

The NAPS data represent pollution levels at individual sampling sites and may not necessarily represent community-wide air quality. Community-wide comparisons can only be made using data from all available sampling stations within a city, and interpreting these data on the basis of specific sampling and site characteristics.

Mean concentrations have been derived as arithmetic means for all contaminants except suspended particulate matter and particulate lead, where geometric means have been used.

In an effort to compare data that are representative of annual conditions, since completeness criteria were first applied to the NAPS data in 1974, data used for analysis in this report span the period 1974 to 1983.

RÉSUMÉ

Les données sur la qualité de l'air analysées dans ce rapport proviennnent du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA). Ce réseau exploite des stations de surveillance dans la plupart des villes canadiennes de plus de 50 000 habitants. Les polluants pris en considération sont l'anhydride sulfureux (ou dioxyde de soufre), le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, l'ozone, les particules en suspension, ainsi que le plomb et nous analysons également la tendance de l'indice de souillure. Nous indiquons ci-dessous l'année à partir de laquelle les données recueillies par le RNSPA sont considérées valables à la grandeur du pays:

Anhydride sulfureux - 1974
Dioxyde d'azote - 1977
Monoxyde de carbone - 1974
Ozone - 1979
Particules en suspension - 1974
Plomb - 1974
Indice de souillure - 1974.

Les données du RNSPA ont été analysées pour déterminer l'orientation dans le temps des teneurs annuelles moyennes pour les polluants d'intérêt et l'indice de souillure et nous les avons aussi comparées aux objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (ONQAA). Ces objectifs comportent trois niveaux de qualité:

1) La *teneur maximale souhaitable* est un objectif à long terme de la qualité de l'air. C'est sur elle que s'appuie toute politique visant à prévenir la dégradation des régions de notre pays non touchées par la pollution. Les divers moyens de lutte contre la pollution atmosphérique doivent tendre à circonscrire la pollution à la teneur maximale souhaitable.

2) La *teneur maximale acceptable* vise à protéger le sol, l'eau, la végétation, les matériaux, les animaux, le mode de vie et le bien-être de la population contre les effets néfastes de la pollution, et à prévenir une réduction de la visibilité.

3) La *teneur maximale admissible* nécessite une action immédiate faute de quoi la pollution atmosphérique pourrait menacer le mode de vie de la population exposée ou à long terme constituer une menace pour la santé. Elle correspond au niveau d'intervention.

Les objectifs fixés pour les polluants correspondent à des teneurs définies pour des périodes définies.

Le lecteur notera que la qualité de l'air échantillonné à une station du RNSPA représente la qualité de l'air dans le voisinage immédiat de la station et pas nécessairement la qualité de l'air de toute la région urbaine. Pour faire des comparaisons de grandeur entre agglomérations, les données de toutes les stations d'échantillonnage d'une ville devraient donc être utilisées et ces données devraient être interprétées selon les particularités propres à l'échantillonnage et à l'emplacement des stations.

Les teneurs moyennes sont exprimées en moyennes arithmétiques, excepté pour les particules en suspension et le plomb, pour lesquels on a utilisé les moyennes géométriques.

Depuis 1974, les résumés annuels du RNSPA ne tiennent compte que des moyennes mensuelles, annuelles ou géométriques qui répondent aux critères de complétude des données établis pour chaque polluant, ce qui explique pourquoi cette analyse des tendances exclut les années antérieures à 1974.

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT		iii
RÉSUMÉ		iv
LIST OF FIGURES		vii
LIST OF TABLES		ix
SUMMARY		x
1	INTRODUCTION	1
1.1	Purpose and Scope	1
1.2	Air Monitoring Program	2
1.3	National Ambient Air Quality Objectives (NAAQOs)	6
1.4	Analytical Methods	7
1.4.1	Wilcoxon Matched Pairs Signed-ranks Test	7
1.4.2	Tukey's Multiple Comparison Test	8
1.4.3	Long-term Trend Analysis	9
1.4.4	Box Plot Analysis	9
1.4.5	Analysis with Respect to NAAQOs	10
2	SULPHUR DIOXIDE	12
2.1	Annual Means	12
2.2	Short-term Concentrations	15
2.2.1	24-hour Maximum Levels	15
2.2.2	1-hour Maximum Levels	16
3	NITROGEN DIOXIDE	18
3.1	Annual Means	18
3.2	Short-term Concentrations	21
3.2.1	24-hour Maximum Levels	21
3.2.2	1-hour Maximum Levels	21
4	CARBON MONOXIDE	23
4.1	Annual Means	23
4.2	Short-term Concentrations	25
4.2.1	8-hour Maximum Levels	25
4.2.2	1-hour Maximum Levels	25
5	OZONE	28
5.1	Annual Means	28
5.1.1	1-hour Maximum Levels	28

		Page
6	SUSPENDED PARTICULATE	31
7	LEAD	35
8	SOILING INDEX	39
9	ANNUAL AIR QUALITY INDEX	41
9.1	Basis of the Air Quality Index	41
9.2	Air Quality Indexes (1977-1983)	41
REFERENCES		43
APPENDIX A	SUMMARY DATA - URBAN AIR QUALITY TRENDS IN CANADA, 1974-1983	45
APPENDIX B	TRENDS IN ANNUAL POLLUTANT MEANS - A PROPOSED MODIFICATION OF THE EPA APPROACH	55

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	DISTRIBUTION OF STATIONS IN NAPS NETWORK 1974-1983	3
2	NATIONAL AIR POLLUTION SURVEILLANCE NETWORK (March, 1983)	4
3	PLOTTING CONVENTION FOR TUKEY'S MULTIPLE COMPARISON TEST	8
4	CONCENTRATION BOX PLOTTING LEVELS	10
5	SULPHUR DIOXIDE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)	12
6	TRENDS IN SO_2 ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS	13
7	SULPHUR DIOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING NAAQOs (1974-1983)	14
8	COMPOSITE AVERAGES OF THE 98th PERCENTILE CONCENTRATION 1974-1983 WITH 95% CONFIDENCE LIMITS FOR CLASS I AND ALL STATIONS	17
9	NITROGEN DIOXIDE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1977-1983)	19
10	TRENDS IN NITROGEN DIOXIDE ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1977-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS	19
11	NITROGEN DIOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING NAAQOs (1977-1983)	20
12	COMPOSITE AVERAGES OF THE 98th PERCENTILE CONCENTRATION (1977-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS FOR CLASS I AND ALL STATIONS	22
13	CARBON MONOXIDE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)	24
14	TRENDS IN CARBON MONOXIDE ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS	24
15	CARBON MONOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING NAAQOs (1974-1983)	26

Figure		Page
16	COMPOSITE AVERAGES OF THE 98th PERCENTILE CONCENTRATIONS WITH 95% CONFIDENCE LIMITS FOR CLASS I AND ALL STATIONS (1974-1983)	27
17	OZONE - DISTRIBUTION OF ANNUAL MEAN DATA (1979-1983)	29
18	TRENDS IN OZONE ANNUAL MEAN VALUES AND 98th PERCENTILE 1-h CONCENTRATIONS FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS WITH 95% CONFIDENCE LIMITS (1979-1983)	30
19	SUSPENDED PARTICULATE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)	32
20	TRENDS IN SUSPENDED PARTICULATE ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS	32
21	SUSPENDED PARTICULATE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING NAAOOs (1974-1983)	34
22	LEAD - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)	35
23	TRENDS IN LEAD ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS	37
24	SOILING INDEX - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)	39
25	TRENDS IN SOILING INDEX ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS	40

LIST OF TABLES

Table		Page
1	NATIONAL AIR POLLUTION SURVEILLANCE CLASS I STATIONS	5
2	NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY OBJECTIVES	6
3	STATISTICALLY SIGNIFICANT CHANGES IN AIR POLLUTION LEVELS, BASED ON ANNUAL MEANS FOR NAPS STATIONS ACROSS CANADA DURING 1974-1983	7
4	COMPARISON OF STATION READINGS FOR CARBON MONOXIDE	11
5	SULPHUR DIOXIDE - HIGHEST ANNUAL MEANS BY STATION FOR THE LAST SEVEN YEARS	15
6	MONITORING SITES* WITH HIGHEST MEASURED LEAD CONCENTRATIONS (1983)	38
7	INDEX OF AIR QUALITY FOR CLASS I STATIONS (1977-1983)	42

SUMMARY

The National Air Pollution Surveillance (NAPS) network has undergone many refinements since its inception in 1970 such that there now exist sufficient sites to show geographic and periodic variations in air quality. This report presents for the first time two new data analysis techniques that address changes in pollutant concentrations over time. Linear regression analysis was used to test for a significant trend over the 10-year period, and Tukey's Multiple Comparison Test was used to determine if significant changes occurred between years within the same period.

Air quality in Canada has shown considerable improvement over the 1974 to 1983 period; however, the improvements in recent years have come in smaller increments. The exceptions to this general trend are suspended particulate and lead that have decreased by 28% and 36% respectively since 1979.

The sulphur dioxide composite annual mean concentration levels have decreased by 30% between 1974 and 1983. The number of stations meeting the annual acceptable level of the National Ambient Air Quality Objectives (NAAQOs), show a similar improvement with 80% in 1974 and 95% in 1983. For 1983 the network compliance rate for the 24-hour and 1-hour acceptable levels were 86% and 90% respectively. The attainment rate for the acceptable objective level has remained in the 80 to 90% range since 1974.

Since nitrogen dioxide data have been available (1977) the composite annual mean concentration has decreased by 29%. Throughout the 1977-1983 period only one station exceeded the annual acceptable objective (NAAQOs), and that occurred in 1977. In 1983 the 24-hour acceptable objective was exceeded at 8% of the stations while the 1-hour objective was exceeded at 4% of the stations. The range for the non-attainment rate for the 24- and 1-hour acceptable objectives for the network has been between 16% and 4%.

The carbon monoxide composite annual mean concentration levels have come down 30% during the 1974-1976 period and a further 20% since 1976. The non-attainment rate for the 8-hour acceptable objective (NAAQO's) ranged between 29% in 1974 to a low of 4% in 1983. The non-attainment rate for the 1-hour acceptable objective (NAAQOs) ranged from a high of 8% (1981) to a low of 2% (1978), the 1983 result was 4%.

Ozone data only became available beginning with 1979 and since then the composite annual mean concentrations have remained at the 16 parts per billion (ppb) level, the maximum acceptable annual objective level for ozone is 15 ppb. The non-

attainment rate for the network of the annual acceptable objective ranged from 50% (1979) to the present 60%. The non-attainment rate for the 1-hour acceptable objective varied from 82% in 1979 to 66% in 1983. It should be noted that due to the episodic nature of ozone formation, the 1-hour objectives are the most important.

The suspended particulate composite annual mean values have decreased by 40% since 1974 and are currently about 50 $\mu g/m^3$. In 1974 about half of the network stations exceeded the annual acceptable NAAOO level, this was reduced to 10% by 1983. There as been a sharp decline in the number of stations exceeding the annual acceptable level since 1979-1980.

For particulate lead the composite annual mean concentrations from 1974 to 1983 have decreased steadily by 60%. With the implementation of the lead phase down program, further substantial decreases in the annual mean lead levels can be reasonably anticipated.

For soiling index (COH, coefficient of haze) the composite annual mean values have decreased by 25% from 1974 levels. In the 1975 to 1979 period COH levels were fairly constant; the largest decrease occurred between 1974 and 1975.

The composite averages of the various air pollutants calculated for all stations and Class 1* stations have been compiled. Over the years it has become evident that Class 1 stations provide a representative national sample of air pollutant levels and trends.

An excellent indicator of air quality is the National Annual Air Ouality Index that is calculated for all Class 1 stations for the period 1977-1983. For 1983 as in past years most of the sites were categorized as "fair" however nine sites registered in the "good" category, an increase of six good stations over the 1981 result. Another improvement over the previous report was that no stations were categorized in the "poor" category in 1983.

---

* Class 1 stations are located in areas of highest population density.

1 INTRODUCTION

1.1 Purpose and Scope

This is the fifth in a series of reports (1,2,3,5) on Canadian ambient air quality trends issued by Environment Canada. Its purpose is to determine trends in the ambient air quality data collected through the National Air Pollution Surveillance (NAPS) Network (4) and to report significant changes indicated by statistical and other forms of analysis. The monitoring results discussed cover the 1974-1983 year period.

The NAPS program was initiated in January 1970 to provide a nationwide data base for determining air quality in the major urban centres in Canada. Effects on the urban environment as a consequence of changing industrial activity, fuel use patterns, and population density, more extensive use of pollution control equipment, and other factors are documented in the trends. Air monitoring stations are maintained in most Canadian cities having populations greater than 50 000. Monitoring instruments are usually located at sites where air pollution could present a problem and where a large number of people could be affected. These sites are referred to as "monitoring stations" and are classified according to the primary land use in their location:

C - Commercial,
R - Residential, and
I - Industrial.

Guidelines have been established categorizing NAPS stations as Class I and Class II. The "Class I" network is the permanent national network of comprehensive monitoring stations which are operated over the long term. These sites were selected to represent areas of highest population exposed to the prevailing air quality. The "Class II" stations may be operated on a shorter term when and where there is a demonstrated need for monitoring. They are pollutant-oriented but not necessarily source-oriented.

Any comparison of data between stations must take these designations into account. Even when comparing contaminant levels in different cities for a specific type or class of station, some caution should be exercised, as the data represent the condition of the air in the vicinity of the individual monitoring stations, but may not necessarily represent community-wide air quality.

The contaminants monitored are: sulphur dioxide (SO_2), nitrogen dioxide (NO_2), carbon monoxide (CO), ozone (O_3), suspended particulate (SP), and lead (Pb). In addition, the soiling or darkening potential of particulate in the atmosphere is measured

as the soiling index or coefficient of haze (COH). Measurements are made of dustfall and sulphation rates by the network, but are not analyzed in this report.

The great volume of air monitoring data generated by the nationwide network indicated the need for a single-value air quality index that could be used for socio-economic modelling, as an indicator of air quality trends, and as a basis for making rough comparisons of air quality in different urban areas. "Guidelines for an Annual Air Quality Index" were published by Environment Canada, on behalf of the Federal-Provincial Committee on Air Pollution in 1980 (6). The index is based on the National Ambient Air Quality Objectives (7) and assumes that, at the defined objective levels, these individual air pollutants are equally important air quality indicators.

Since 1974, the NAPS annual summaries have not reported annual means of a contaminant for stations that do not meet a set of completeness criteria. For SO_2, NO_2, O_3, CO and COH, monthly or annual means are not calculated unless at least 50% of the hourly observations are available for the period concerned. Furthermore, the annual mean is not calculated unless monthly means are reported for at least two months in each quarter. For SP and lead, a monthly mean is not reported in the NAPS annual summaries unless a minimum of three samples is available for that month. The conditions for reporting the annual geometric mean are a minimum of 40 samples in the year with at least 8 valid samples for each quarter.

1.2 Air Monitoring Program

When established in January 1970, the NAPS network had 40 monitoring instruments in 14 cities, measuring SO_2, SP, lead and COH. By December 1983 the number of instruments had increased to about 400 in 53 cities across Canada and the list of contaminants monitored had expanded to include CO, NO_2 and O_3*. The growth of the network is illustrated in Figure 1 and the cities where monitoring instruments are located are shown in Figure 2. The Class I stations, their location and current status are listed in Table 1. When installation is completed, all air quality objective parameters and the coefficient of haze will be monitored at the Class I stations. Most of the stations are located in downtown or major residential areas with potential for poor air quality, consistent with the site selection criteria.

---

* Another 52 instruments were used to measure dustfall and sulphation rate, but these particular indicators of air pollution are not dealt with in this report.

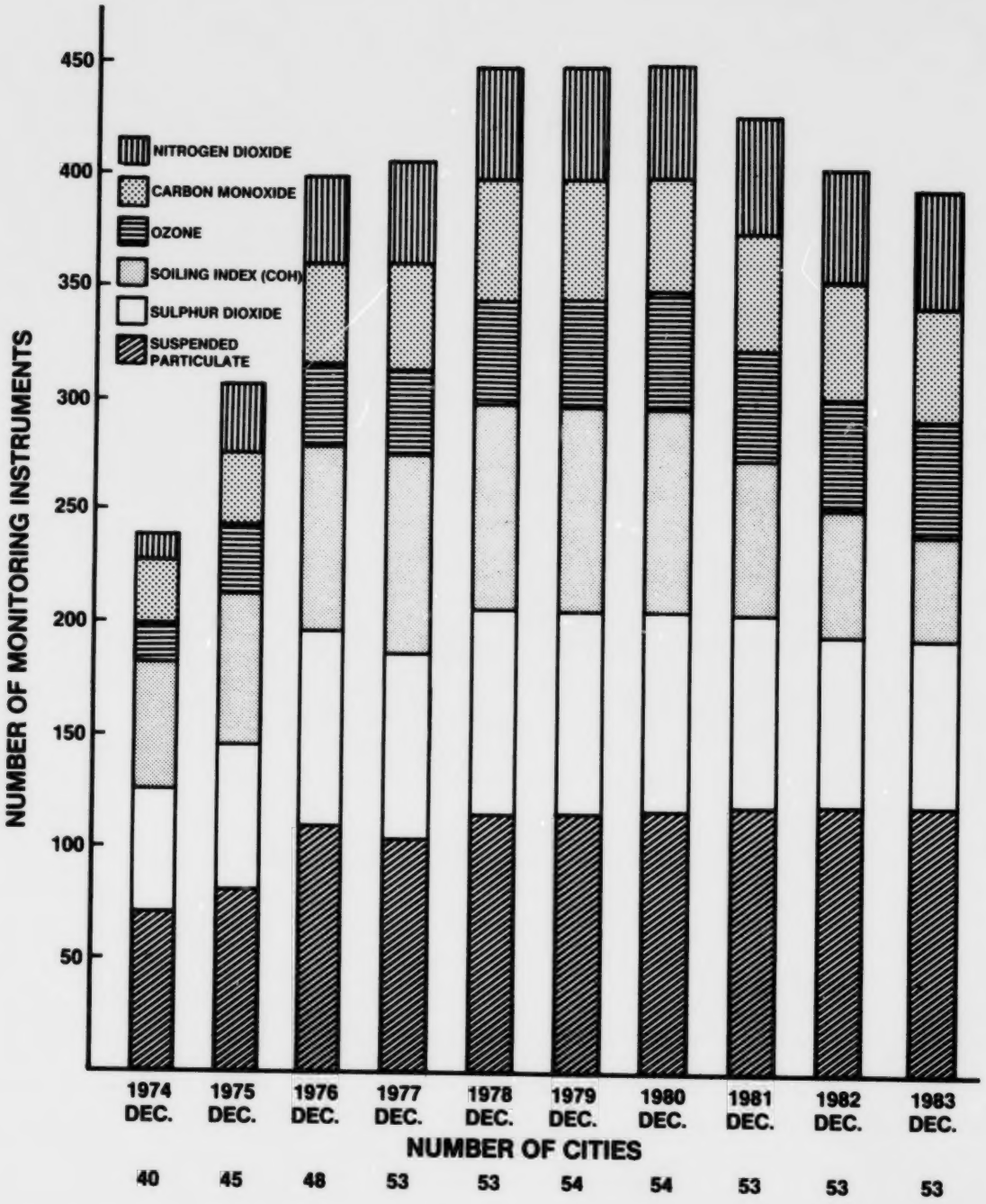


FIGURE 1 DISTRIBUTION OF STATIONS IN NAPS NETWORK 1974-1983

FIGURE 2 NATIONAL AIR POLLITION SURVEILLANCE NETWORK (March, 1983)

TABLE 1 NATIONAL AIR POLLUTION SURVEILLANCE CLASS I STATIONS (status as of December 31, 1983)

City	Station	Location	Comments
Newfoundland:			
St. John's	10101C	Duckworth and Ordinance	no O_3 or NO_2 monitors
Nova Scotia:			
Halifax	30116C	Barrington and Duke	high-volume sampler located at site 30101C
New Brunswick:			
Saint John	40202C	Post Office	high-volume sampler located at site 40201C
Quebec:			
Montreal	50115C	Metcalf and Maisonneuve	
	50116R	3161 Joseph, Verdun	
	50102R	Jardin Botanique	no soiling index monitor
	50109C	Duncan and Decarie	
	50112C	Boul. Laurentides	no soiling index monitor
	50110C	Parc Pilon, Montreal-Nord	
	50119R	1700 Bourassa, Longueil	no soiling index monitor
Hull	50203R	Gamelin and Joffre	no O_3 monitor
Quebec City	50304C	325 Dorchester	no soiling index monitor
Ontario:			
Ottawa	60101C	88 Slater Street	
	60104R	Rideau and Wurtemburg	no CO monitor
Windsor	60204C	471 University Avenue	
Toronto	60417C	26 Breadalbane Street	
	60412R	Bathurst and Wilson	no O_3 monitor
	60410R	Lawrence and Kennedy	
	60415R	Queensway W. and Hurontario	no soiling index monitor
	60402R	Don Mills, Science Centre	no soiling index monitor
	60413R	Elmcrest Road	
Hamilton	60501C	Barton and Sanford	
London	60901C	King and Rectory	
St. Catharines	61301C	North and Geneva	
Kitchener	61501C	Edna and Frederick	no soiling index monitor
Manitoba:			
Winnipeg	70119C	65 Ellen Street	
	70118R	Jefferson and Scotia	
Saskatchewan:			
Regina	80109C	1620 Albert Street	no soiling index monitor
Alberta:			
Edmonton	90130C	10255-104th Street	no SO_2 analyzer
	90122R	127 St. and 133rd Ave.	no SO_2 analyzer
Calgary	90227C	1611-4th Street S.W.	high-volume sampler located at site 90204C
	90222R	39 St. and 29th Ave. N.W.	no SO_2 analyzer
British Columbia:			
Vancouver	00112C	Robson and Hornby	high-volume sampler located at site 00109C
	00106R	2294 West 10th Avenue	
	00108I	250 West 70th Avenue	no SO_2 analyzer
	00110R	E. Hastings and Kensington	
	00111I	Rocky Pt. Park	
Victoria	00303C	1250 Quadra Street	

Note: as of December 1983, there were no COH monitors in the Eastern Region

1.3 National Ambient Air Quality Objectives (NAAQOs)

Air quality objectives have been established as a guide in developing programs to reduce the damaging effects of air pollution (7). These national objectives:

- assist in establishing priorities for reducing contaminant levels and the extent of pollution control needed;
- provide a uniform yardstick for assessing air quality in all parts of Canada; and
- indicate the need for and extent of monitoring programs.

The maximum acceptable level is intended to provide adequate protection against effects on soil, water, vegetation, materials, animals, visibility, personal comfort and well-being. The maximum desirable level defines the long-term goal for air quality and provides a basis for an anti-degradation policy in unpolluted areas of the country. The maximum tolerable level denotes concentrations of air contaminants that require abatement without delay to avoid deterioration to an air quality that endangers the prevailing Canadian lifestyle or, ultimately, to an air quality that poses a substantial risk to public health. The desirable, acceptable and tolerable levels of the contaminants for the different averaging times in the present analysis are presented in Table 2.

TABLE 2 NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY OBJECTIVES*

Pollutant	Averaging Time	Maximum Desirable Concentration		Maximum Acceptable Concentration		Maximum Tolerable Concentration	
Sulphur dioxide	annual	11	ppb	23	ppb	-	
	24-hour	57	ppb	115	ppb	306	ppb
	1-hour	172	ppb	344	ppb	-	
Suspended Particulate	annual	60	$\mu g/m^3$	70	$\mu g/m^3$	-	
	24-hour		-	120	$\mu g/m^3$	400	$\mu g/m^3$
Ozone	annual		-	15	ppb	-	
	1-hour	50	ppb	82	ppb	153	ppb
Carbon Monoxide	8-hour	5	ppm	13	ppm	17	ppm
	1-hour	13	ppm	31	ppm	-	
Nitrogen Dioxide	annual	32	ppb	53	ppb	-	
	24-hour		-	106	ppb	160	ppb
	1-hour		-	213	ppb	532	ppb

* conditions of 25°C and 101.32 kPa are used as the basis for conversion from $\mu g/m^3$ to ppm or ppb

1.4 Analytical Methods

1.4.1 Wilcoxon Matched Pairs Signed-ranks Test. The details of this procedure have been described in a previous report (2). It is a non-parametric test of high power and efficiency, provides an assessment of the magnitude of the differences between paired observations as well as the direction of the differences. In this study, the test has been used to overcome the difficulties resulting from a continual increase in the number of stations measuring each pollutant. It is used in order to determine whether there has been a statistically significant change in the annual averages of a pollutant at all monitoring stations across Canada for adjacent years.

The annual mean levels of a pollutant for two consecutive years are compared at each station. Paired data for two consecutive years are required and the magnitude of the increase or decrease is noted. Where a high proportion of stations experience an increase, the test will show whether the increase was statistically significant for those two years. A 95% confidence level is used. The pictorial summary of trends for each pollutant from 1974 to 1983 is displayed in Table 3.

TABLE 3 STATISTICALLY SIGNIFICANT CHANGES IN AIR POLLUTION LEVELS, BASED ON ANNUAL MEANS FOR NAPS STATIONS ACROSS CANADA DURING 1974-1983

Contaminant	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	82-83
Sulphur Dioxide	→	↓	→	→	↓	→	→	↓	→	→
Nitrogen Dioxide	N/A	N/A	N/A	N/A	→	↓	→	→	→	↓
Carbon Monoxide	↓	↓	→	→	→	→	↓	→	↓	→
Ozone	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	→	→	↓	↑	→
Suspended Particulates	→	↓	→	↓	→	↑	↑	↓	↓	↓
Lead	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→	↓	↓
Soiling Index	→	→	→	→	→	→	↓	↑	→	↓

↑ = Statistically Significant Increase

↓ = Statistically Significant Decrease

→ = Statistically No Significant Change

N/A = Not applicable; pollutant not monitored or results not considered reliable.

The Wilcoxon test was also used to determine the equivalence of trends in air quality defined by Class I stations compared to all stations, using 1980-1981 data. As seen in previous reports (3,5) the short-term trends for the Class I stations and all stations were generally the same.

1.4.2 Tukey's Multiple Comparison Test. This trend analysis is simply a trend line composed of composite averages with their associated 95% confidence intervals. These intervals allow comparisons to be made between any two years in the analysis period. A significant change between years is indicated where the confidence intervals do not overlap. With Tukey's test, the confidence intervals are wide enough to compare the largest and smallest (yearly) averages in the analysis period with only a 5% chance of indicating a false significant change. This would not be the case for the Wilcoxon test, which measures a significant change between only two consecutive years.

The confidence intervals are calculated from an analysis of variance (ANOVA) of the concentration (mean or 98th percentile) of interest for each pollutant at each site across all the years of the study. An example of the plotting convention is shown in Figure 3. A more complete explanation of the method can be found in Appendix B.

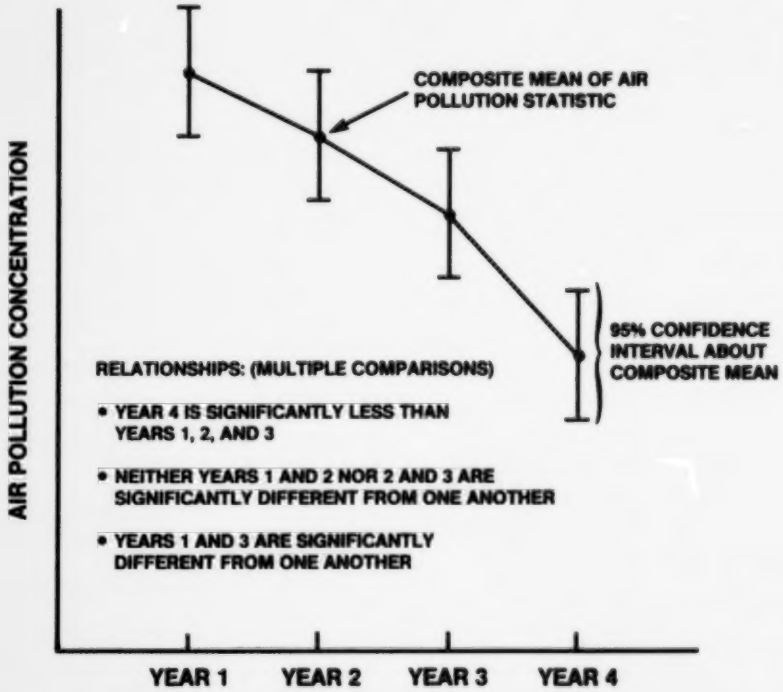


FIGURE 3 PLOTTING CONVENTION FOR TUKEY'S MULTIPLE COMPARISON TEST (9)

Both the Wilcoxon and Tukey's Multiple Comparison tests take into account the uncertainty due to sampling variation as well as any changes in air contaminant levels that may be due to monitoring instrument sensitivity when determining the significance of a change. For theoretical reasons the Wilcoxon test is generally applied to pairs of adjacent years and is not suitable for comparing averages in the early and later years of an analysis period. The Wilcoxon test is more sensitive over the short-term but the Tukey Multiple Comparison test is a most effective way of presenting changes between all the years in an analysis period.

1.4.3 Long-term Trend Analysis. Both the Wilcoxon and Tukey's tests are intended to be used for comparing the mean of one year to the mean of another. Neither test is suitable for determining the occurrence of a significant long-term trend over the analysis period. To test the significance of the long-term trend, a linear regression analysis was performed on the mean data (1975-1983) to determine whether the slope of the line was significantly greater or less than zero. The results show that the decreasing trend for the following pollutant indicators was significant at a 99% confidence level: the 98th percentile 8-hour CO concentration average annual change was 0.19 ppm; for particulate Pb (annual mean), 0.05 $\mu g/m^3$; NO_2, 0.09 ppb; and SO_2, 0.11 ppb. The results show that for suspended particulate and soiling index the average annual change was 1.46 $\mu g/m^3$ and 0.005 COH units respectively, and the decrease was significant at a 95% confidence level. Only the 98th percentile, 1-hour concentrations for ozone did not show a significant change from 1979 to 1983.

1.4.4 Box Plot Analysis. The box plot is a graphical technique used in exploratory data analysis to show the distribution of the annual means calculated for the various contaminants. The plotting convention for the box plot is shown in Figure 4. For a given contaminant, the annual averages (or geometric means in the case of SP and lead) for all stations are grouped and ranked*. The percentiles indicate the percentage of stations with annual averages less than the specific levels identified.

---

* The change in the number of stations from year to year could possibly bias the annual average or percentiles calculated, distorting actual trends. To account for this, averages and percentiles were calculated for data from all stations and Class I stations. Values and corresponding trends for both were found to be similar. Consequently, because the total NAPS network gives a more representative national sample, data from all stations have continued to be used in the analysis.

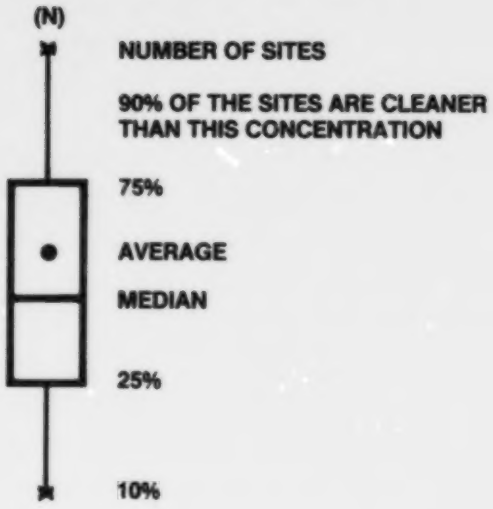


FIGURE 4 CONCENTRATION BOX PLOTTING LEVELS

In addition to the percentiles (10, 25, 50, 75 and 90), the annual average of all stations for the pollutant in a given year is also displayed. The annual trends at the favorable (10 to 25 percentiles), average (mean, median (50)), and unfavorable (75 and 90 percentiles) stations, therefore, can be analyzed separately (see Appendix A, Summary Data - Urban Air Quality Trends, 1974-1983).

1.4.5 Analysis with Respect to NAAQOs. A third type of analysis used is based on the percentages of station data meeting or exceeding the NAAQOs in given years. This type of analysis is crude because it is insensitive to movement within particular ranges. For example, all stations recording an annual mean for a particular contaminant may experience a decrease in the mean concentration from one year to the next. If none of the annual means drops below a particular objective; however, this type of analysis would indicate no change. Caution should be exercised when considering concentration levels higher than short-term air quality objectives (1-hour, 8-hour, 24-hour). A single occurrence will register a station as exceeding a particular level, be it desirable, acceptable, or tolerable, even though this may be one in several thousand readings taken at that station. In the following table the one-hour desirable level for carbon monoxide (13 ppm) has been exceeded at five Toronto stations; the acceptable level (31 ppm) has been exceeded at one of these stations.

If a comparison is made between station 60416C and 60401C, approximately 4.0% of the readings at station 60416C exceed the desirable level, whereas 0.4% of the readings at the other station exceed the same level. This type of analysis tends to identify potential air quality problems at specific sites. Consequently, it is used more in a supportive role to substantiate the first two types of analysis. For the same reason as in the box plot analysis, all stations have been used in calculating the percentage of stations with readings meeting or exceeding NAAQOs (Table 4).

TABLE 4 A COMPARISON OF STATION READINGS FOR CARBON MONOXIDE

Station	Location	1-hour Average CO, 1981		Total Readings
		>Desirable	>Acceptable	
60401C	67 College Street	14	0	3476
60402R	Don Mills, Science Cntr.	0	0	8105
60403I	Evans and Arnold	0	0	8387
60410R	Lawrence and Kennedy	1	0	8450
60412R	Bathurst and Wilson	1	0	8516
60413R	Elmcrest Road	0	0	7149
60414I	Sherbourne and Wilton St.	0	0	8299
60415R	Queensway W. and Hurontario	8	0	8607
60416C	381 Yonge Street	293	17	8481
60417C	26 Breadalbane	0	0	4297

2 SULPHUR DIOXIDE

Sulphur dioxide (SO_2) is a colourless gas and normally is not present in urban air at concentrations high enough for its odour to be detected. It is emitted into the atmosphere mainly from the primary production of copper and nickel, the combustion of sulphur-containing fuels, natural gas processing, iron ore processing and petroleum refining (13). Although air quality objectives for this contaminant have been set on the basis of known primary effects on health, vegetation and materials, secondary effects resulting from sulphur dioxide's role in the formation of acid rain are now also of concern.

2.1 Annual Means

The composite average of sulphur dioxide annual means recorded by the NAPS network has decreased from 16 ppb in 1974 to 11 ppb in 1983 (Figure 5 and Appendix A). Although minimal changes in the network annual mean have occurred in recent years substantial improvements can be seen in the 90th percentile. By applying the Wilcoxon test to the station annual mean data it was determined that significant decreases occurred in 1974-1975, 1977-1978 and 1980-1981 (Table 3). The number of paired data from stations that registered changes in the annual arithmetic mean from one year to the next are found in Table A-1, Appendix A. In recent years, more and more paired stations are showing no change in annual mean concentrations.

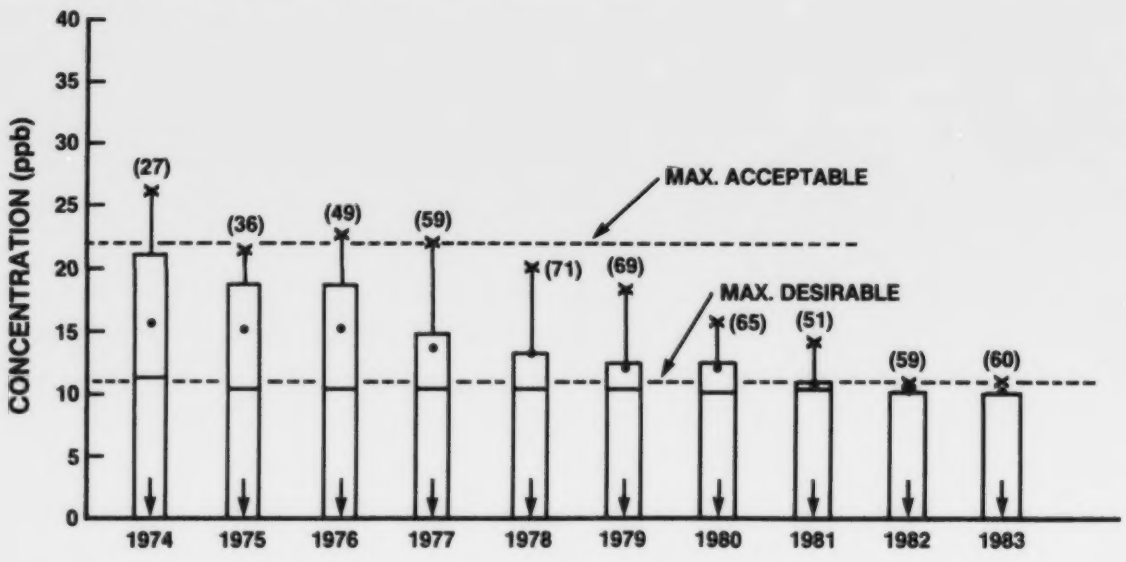


FIGURE 5 SULPHUR DIOXIDE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)

Trends in composite annual mean values for all stations and for Class I stations with 95% confidence limits (derived using Tukey's Test) are shown graphically in Figures 6a and 6b. By inspection it is evident that the data for Class I stations and all stations convey the same general trend. In Figure 6a, however, there are many significant differences (where confidence intervals do not overlap) between years, such as 1983 and the years prior to 1978, whereas there is no significant change apparent in Class I stations. It should be kept in mind that the number of stations in the analysis affects the magnitude of the confidence limits.

In recent years, more than 90% of the monitoring stations have reported annual mean values below the maximum desirable objective. Throughout the 1974-1983 year period there was a steady increase in the number of sites that have met the maximum desirable objective. The percentage of stations with readings in various ranges with respect to the annual NAAQOs for 1974-1983 are found in Appendix A. Figure 7 shows the percentage of stations exceeding the objectives. The improvement achieved during this period is apparent in both instances.

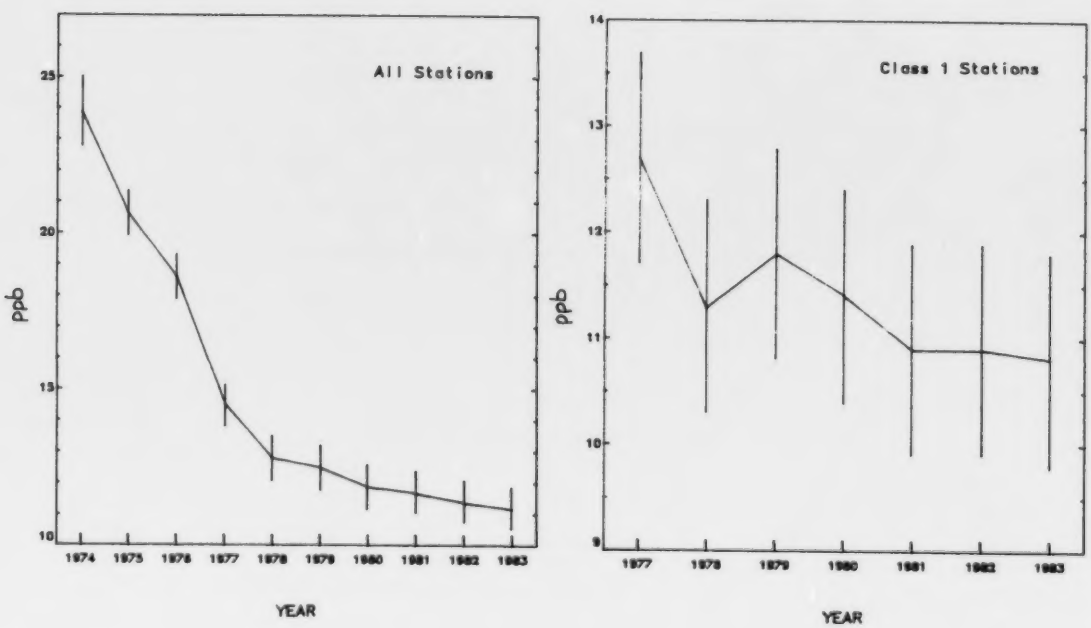


FIGURE 6 TRENDS IN SULPHUR DIOXIDE ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS

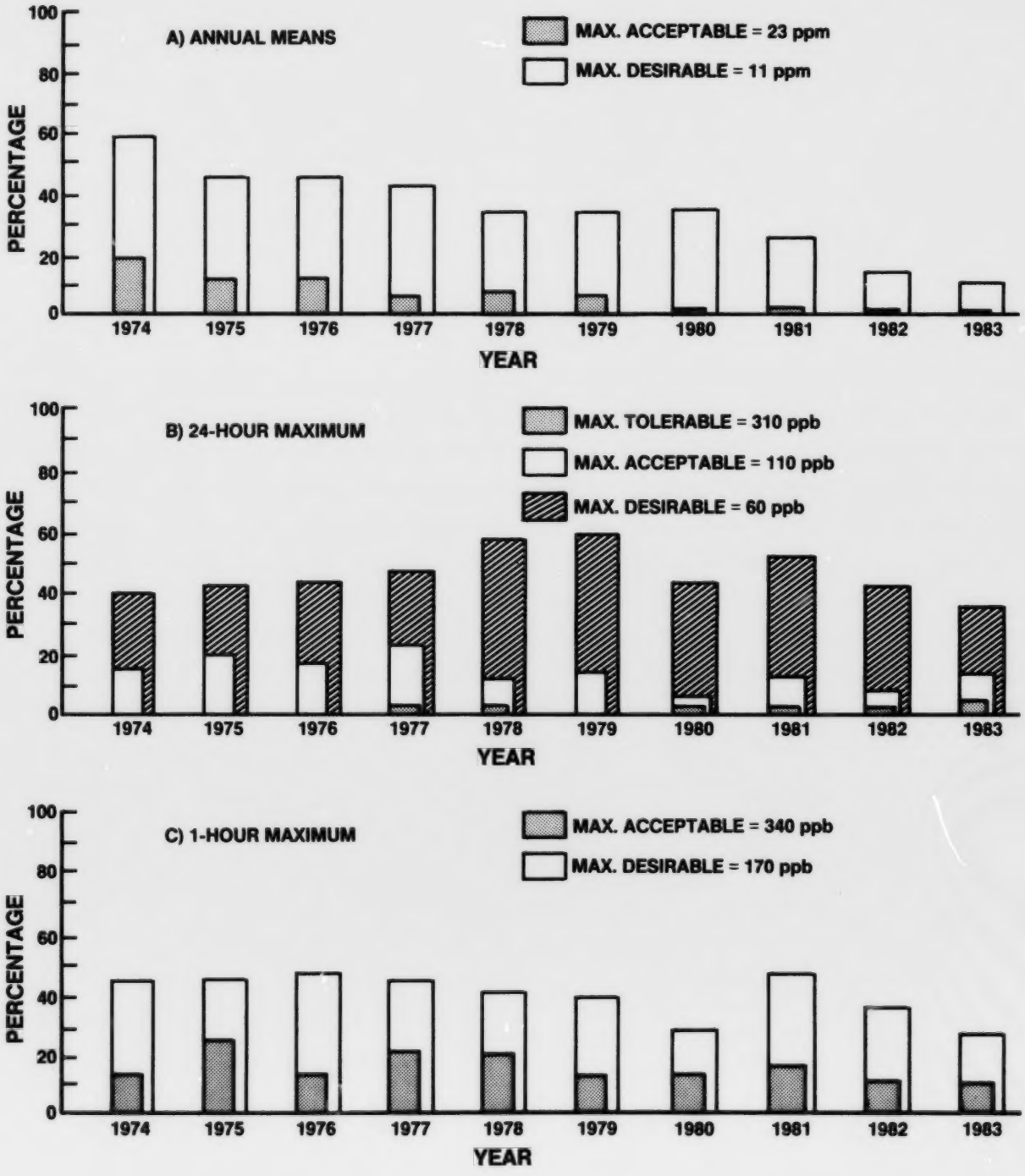


FIGURE 7 SULPHUR DIOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING NAAQOs (1974-1983)

Overall, the mean values from all stations in Canada that meet NAPS siting criteria compare favorably with the objectives, although some stations have continued to register values in excess of the maximum acceptable level of 23 ppb. The stations with highest levels over the last seven years are listed in Table 5. From this table the improvement at the worst sites is rather dramatic, particularly in Sudbury station (60606C) and Montreal station (50115C) where the annual mean levels have decreased from values that exceeded the acceptable objective to values that are below the desirable level.

TABLE 5 SULPHUR DIOXIDE - HIGHEST ANNUAL MEANS BY STATION FOR THE LAST SEVEN YEARS

City (Station)		Annual means (ppb)						
		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Quebec City	(50303I)	43	20	25	19	---	---	34
	(50304C)	26	15	18	14	14	23	22
Baie Comeau	(51301R)	NM	36	20	20	21	20	---
Shawinigan	(51201I)	NM	26	---	15	17	12	---
Trois-Rivières	(50801R)	23	22	16	12	14	---	---
Montreal	(50104C)	19	18	17	16	16	12	10
	(50105C)	36	28	25	20	16	---	---
	(50115C)	NM	27	27	35	---	---	10
	(50103R)	21	28	19	---	23	20	14
Sudbury	(60606C)	23	13	11	13	10	10	10
	(60602R)	15	12	12	16	10	10	10
Windsor	(60204C)	22	18	13	11	12	10	10
	(60211R)	15	15	18	10	10	10	10
Hamilton	(60501)	23	16	17	13	10	14	14

--- insufficient data for calculation of a valid mean
NM not measured

2.2 Short-term Concentrations

2.2.1 24-hour Maximum Levels. During the 1977 to 1983 year period a shift in the frequency distribution of the measured 24-hour sulphur dioxide concentrations occurred (Appendix A and Figure 7). In this period, the percentage of stations having readings greater than the maximum desirable level decreased from 40% to 20%. The number of

stations having readings greater than the maximum tolerable 24-hour level, however, showed a small increase. The number of valid annual means increased from 55 in 1974, to 92 in 1978, to 78 in 1983; this has an influence on the frequency distribution.

The maximum tolerable level was exceeded at only two sites from 1974 to 1981: at the Quebec City industrial station of Centre Loisirs Limoilou (50303I), and at the residential station in Baie Comeau (51301R). In 1983, three stations exceeded the tolerable objective, the two stations previously mentioned, and station 50601C Rouyn, Noranda. These three stations are located near industrial as well as residential, commercial, and institutional heating sources. It is important to note that a single-day exceedance can be influenced by meteorological factors such as a temperature inversion, wind speed and direction, etc. Most stations register concentrations within the 24-hour acceptable range (i.e., 93% of the sites in 1980, and 86% in 1983).

From the plots of the composite 98th percentile concentrations Figures 7a and 7b we can see that there was a marked (95% confidence) improvement between the early years and the later years at both the Class I stations and in all the network stations. More significant decreases are occurring here between years because improvements at the extreme (90th percentile) values are proceeding at a faster rate.

2.2.2 1-hour Maximum Levels. When the 1-hour levels were analyzed with respect to the NAAQOs, no significant change was apparent from 1974 to 1981, apart from a decrease in the percentage of stations registering readings in excess of the maximum desirable level (Figure 7 and Table A-2). In 1974, 87% of the NAPS stations registered values that met the maximum acceptable level of 340 ppb, compared with 90% in 1983. Individual sites that registered 1-hour concentrations greater than the 1-hour maximum acceptable level in 1983 were: Shawinigan, Ouebec City, Rouyn, Baie Comeau, Toronto, and Sudbury. Sudbury (920 ppb), Ouebec (860 ppb) and Rouyn (820 ppb) recorded the highest 1-hour concentrations in 1983. Industrial point sources contribute significantly to ambient sulphur dioxide levels at these sites.

One improvement from the last trends report is that fewer cities experienced SO_2 levels in excess of the maximum desirable. The plots of the 98th percentile concentration composite averages show many significant decreases (Figure 8). In the Class I station plot, a significant decrease (95% confidence) is indicated between 1981 and 1983.

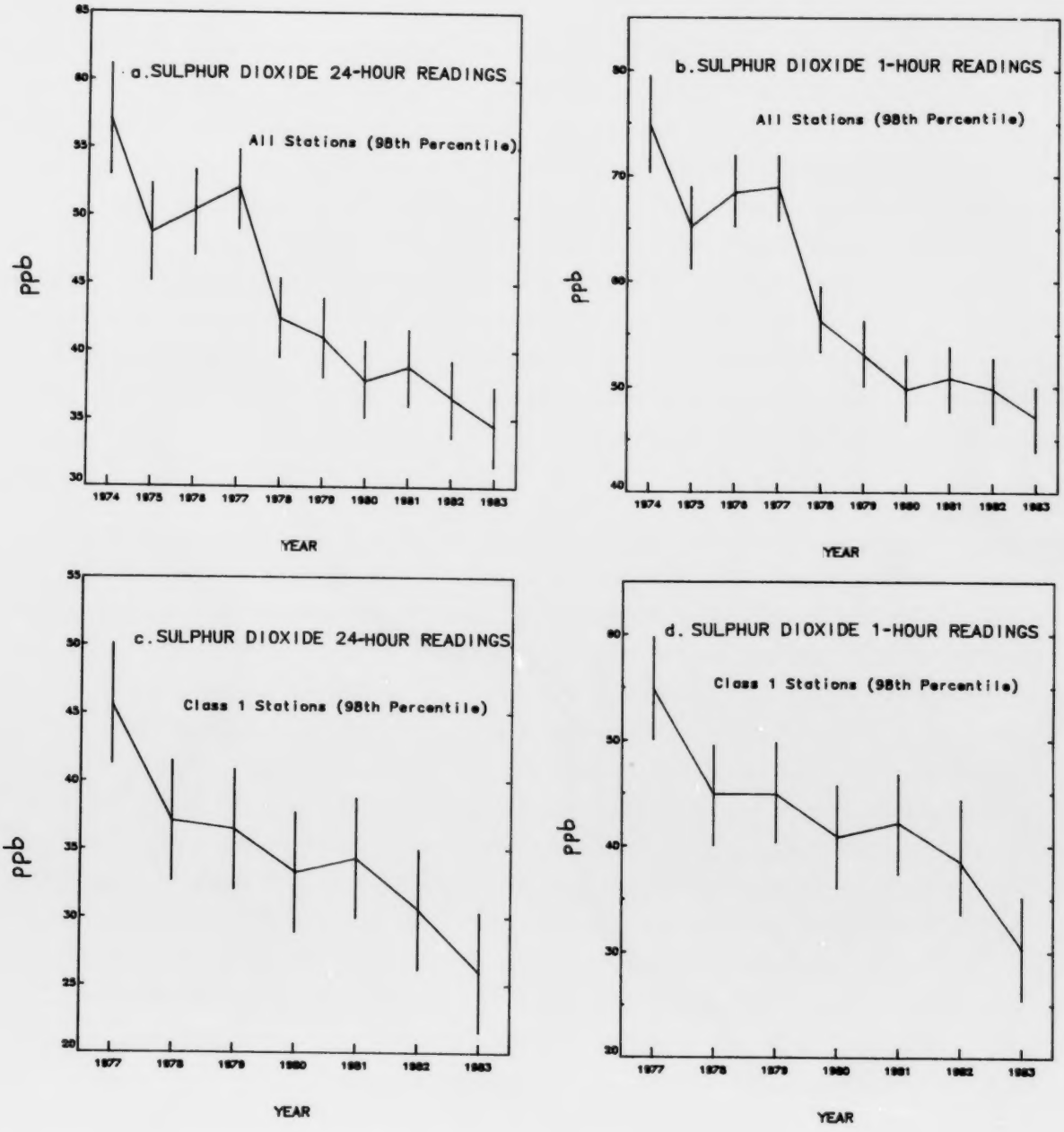


FIGURE 8 COMPOSITE AVERAGES OF THE 98th PERCENTILE CONCENTRATION 1974-1983 WITH 95% CONFIDENCE LIMITS FOR CLASS I AND ALL STATIONS

3 NITROGEN DIOXIDE

Gasoline-powered motor vehicles are historically the largest source of nitrogen dioxide emissions (13). Other important sources include diesel engines, industrial fuel combustion, power plants, forest fires and railway engines. Although the NAAQOs for this contaminant were established to prevent adverse human health effects and plant damage, the major role of nitrogen oxides in atmospheric photochemical reactions is also recognized, as is their significant contribution to acid rain.

As shown in Figure 1, nitrogen dioxide monitors were installed in the NAPS network in 1973. Data for the 1974-1977 period were discussed in a previous report (2). It has since been concluded that the data obtained prior to 1977 are unreliable due to instrumental and calibration difficulties. Only nitrogen dioxide data from 1977 to 1983, therefore, are considered in this report.

3.1 Annual Means

From 1977 to 1983, the composite average of the network nitrogen dioxide annual means decreased from 31 to 22 ppb (Appendix A and Figure 9). Statistical tests (Wilcoxon) indicate that no significant change in the national annual mean value occurred for the 1979-1982 period (Table 4) until the significant decrease in 1983. The number of paired stations indicating changes in annual means are listed in Appendix A. The composite averages of annual mean values with their associated 95% confidence limits (derived from Tukey's test) for all stations and for Class I stations are presented in Figure 10 for the 1977-1983 period; both sets of stations show similar trends and levels.

In both cases 1983 annual mean levels are significantly lower than 1977 and 1978, indicating a real improvement in nitrogen dioxide levels. Also, no significant changes in NO_2 levels have occurred between years from 1979 to 1983.

The composite averages of station annual means for nitrogen dioxide have remained within the desirable level between 1977 and 1983. During this period, the annual mean levels have continued to decrease, albeit by small increments (Appendix A). As shown in Figure 11, the number of stations meeting the maximum desirable level increased from 59% in 1977 to 97% in 1983. No individual station has registered readings in excess of the maximum acceptable level since 1977. The highest annual mean for nitrogen dioxide in 1983 occurred at a commercial (city centre) site in Calgary (39 ppb).

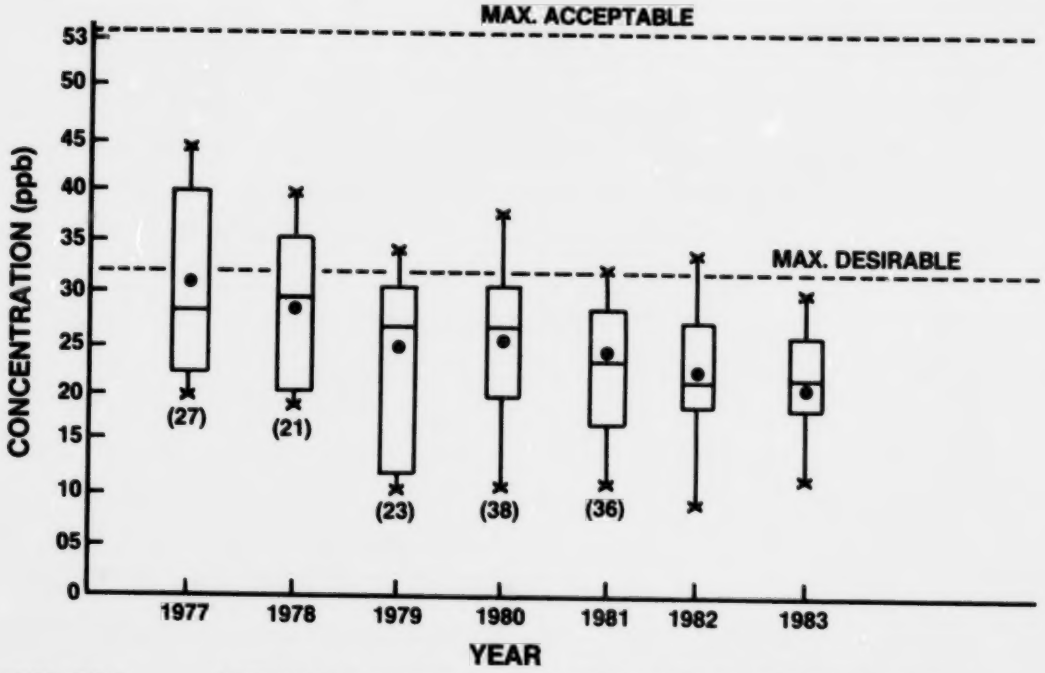


FIGURE 9 NITROGEN DIOXIDE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1977-1983)

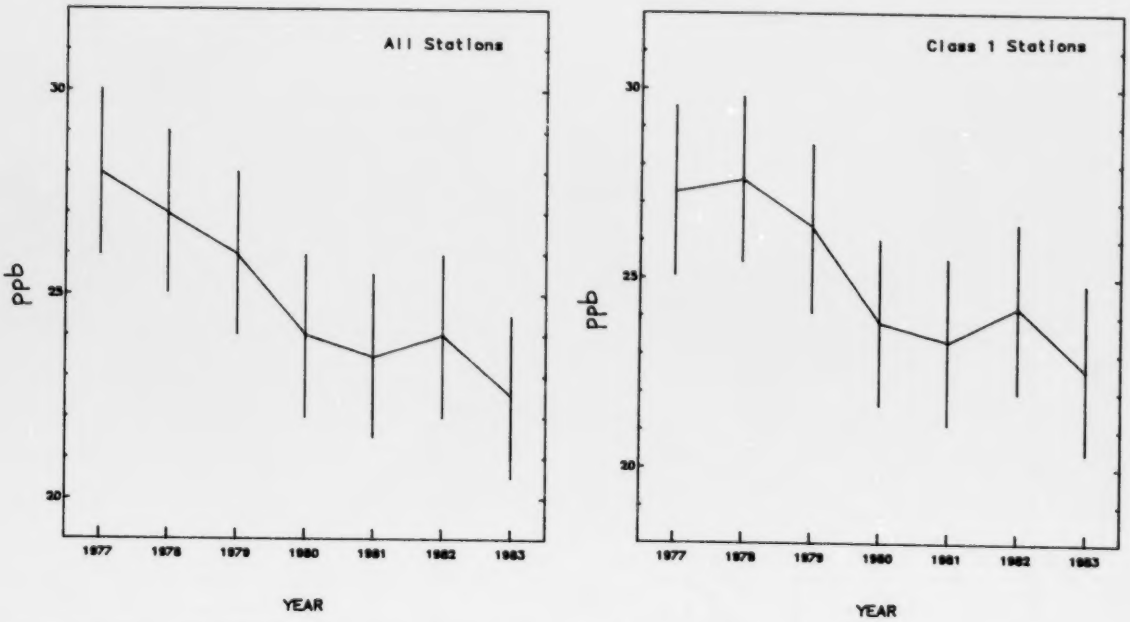
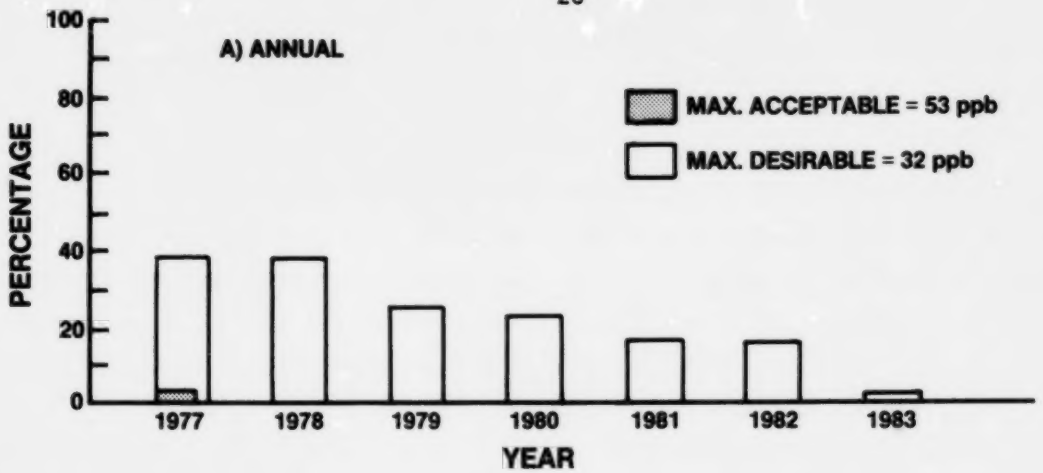
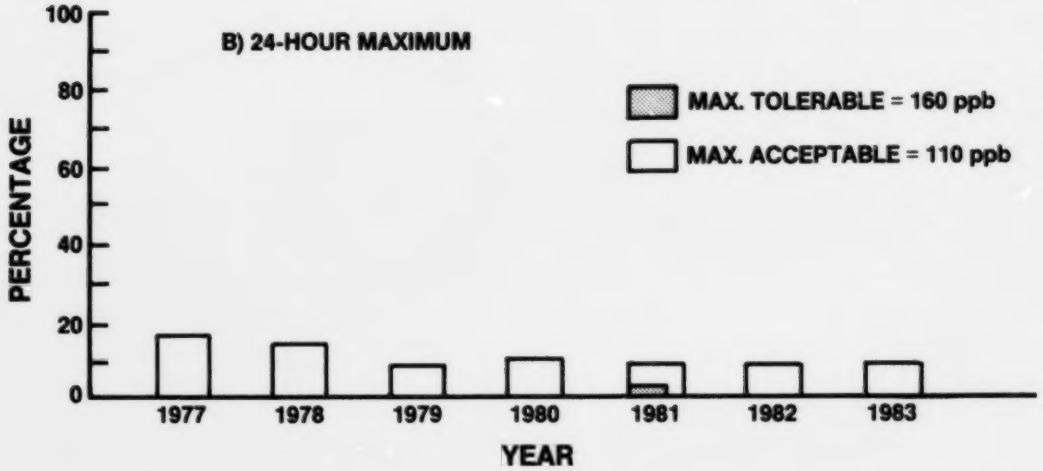


FIGURE 10 TRENDS IN NITROGEN DIOXIDE ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1977-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS





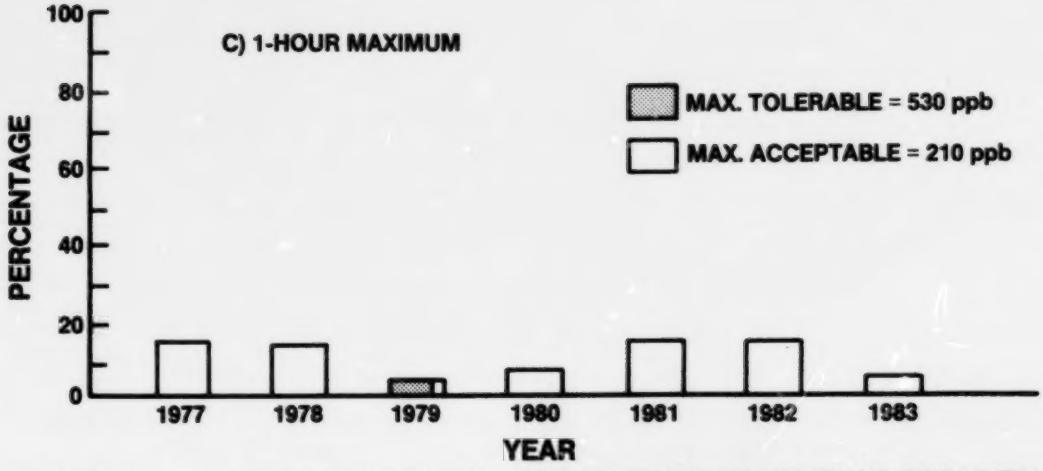


FIGURE 11 NITROGEN DIOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING NAAQOs (1977-1983)

3.2 Short-term Concentrations

3.2.1 24-hour Maximum Levels. Improvements noted in annual mean nitrogen dioxide values were paralleled by a trend to fewer readings exceeding the 24-hour maximum acceptable level of 110 ppb (Figure 11). In 1977, 84% of the stations met the maximum acceptable 24-hour level of 110 ppb, compared with 92% in 1983. All of the stations reported readings that met the maximum tolerable 24-hour level of 160 ppb during the last three years. From Figure 12, the general trend for Class I stations and all stations is equivalent; however, all stations show a significant (95% confidence) decrease between 1983 and the years prior to 1980.

3.2.2 1-hour Maximum Levels. The percentage of stations that reported readings that met the maximum acceptable 1-hour level of 210 ppb was higher in 1979 and 1983 than in previous and intervening years; this level was exceeded at only 4% of the sites (Figure 11). No stations, however, reported readings in excess of the maximum tolerable 1-hour level (530 ppb) since 1979, and none did so prior to 1979.

The improvement at the 98th percentile composite average of the 1-hour concentrations are illustrated in Figure 12. There was a significant (95% confidence) decrease between 1983 and the years prior to 1980 in the all stations plot. Although the Class I stations plot does not show the same number of significant differences, it is important to show that the general trend is the same.

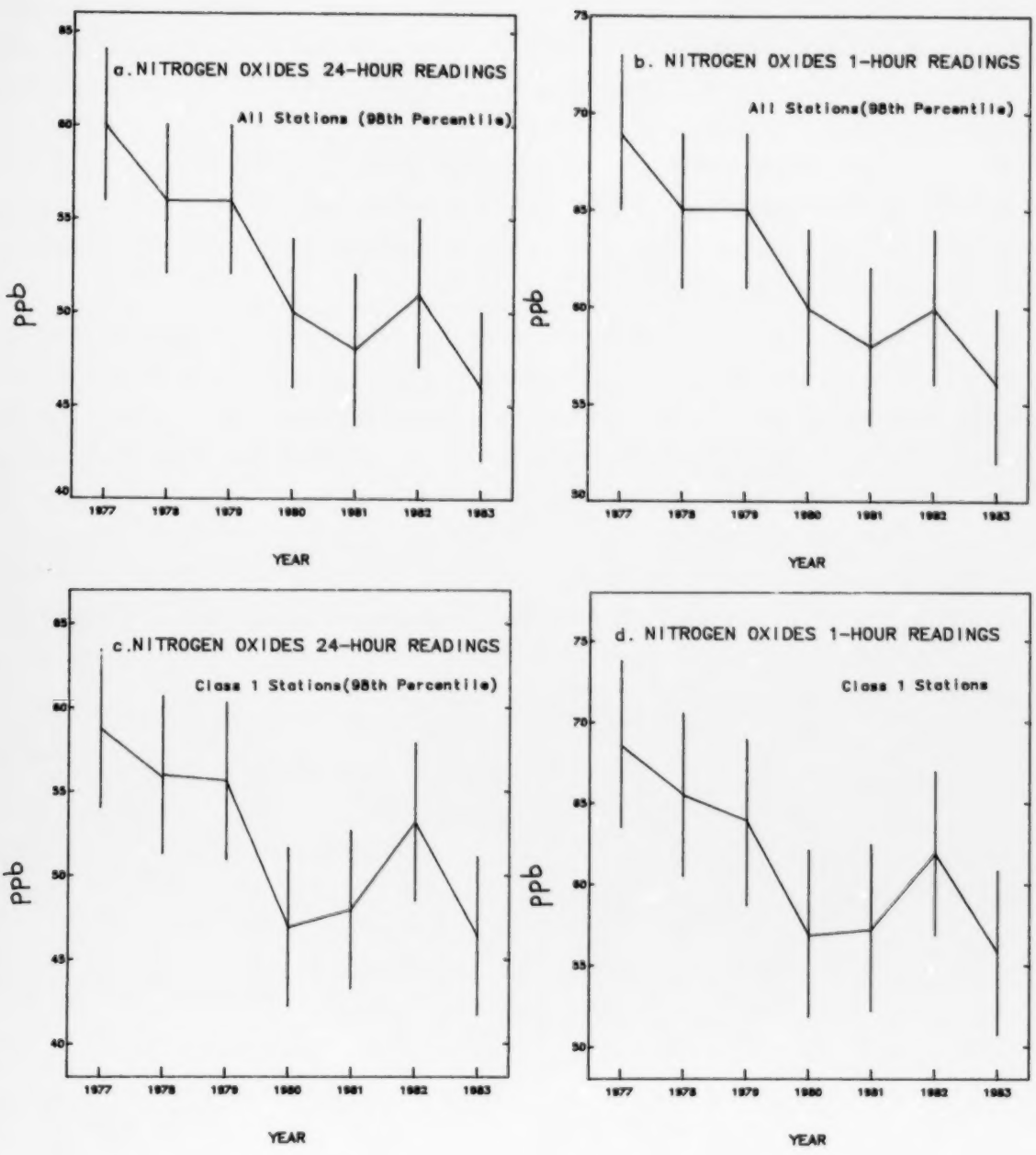


FIGURE 12 COMPOSITE AVERAGES OF THE 98th PERCENTILE CONCENTRATION (1977-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS FOR CLASS I AND ALL STATIONS

4 CARBON MONOXIDE

Carbon monoxide (CO) is produced by the incomplete combustion of any organic fuel. The primary source of carbon monoxide emissions is the gasoline-powered vehicle. Other important sources are stationary fuel combustion, forest fires, agricultural and slash burning, the non-highway use of gasoline, and petroleum refining processes (13). Ambient air quality objectives for this pollutant are associated with the prevention of chronic health effects in humans.

4.1 Annual Means

The composite average of CO annual means for the NAPS network decreased from 2.4 ppm in 1974 to 1.7 ppm in 1976, and remained relatively constant from 1976 to 1981 until a decrease was realized in 1982-1983 (Figure 13). The higher concentrations recorded at stations in more polluted areas in 1979 resulted in a temporary increase from the constant levels in the six-year period that started in 1976.

When a Wilcoxon test was applied to determine whether the change between any two consecutive years was significant, carbon monoxide levels were found to have decreased in 1973-1974, 1974-1975, and 1979-1980 as well as in 1981-1982 (Table 3). No trend is indicated for 1982-1983. The number of paired stations indicating changes in annual mean data for carbon monoxide are summarized in Appendix A.

Trends in the composite average of carbon monoxide annual means for all stations and Class I stations with 95% confidence (Tukey's test) limits are shown in Figure 14. As with other pollutants, the trend (Class I and all stations) is similar and it can be concluded that Class I stations by themselves would provide a representative national sample of carbon monoxide levels. However, due to the number of stations involved in the analysis of variance (ANOVA), "all stations" generally, is a better indicator of year to year change. In this case both Class I stations and all stations show the same long-term trend with 1983 being significantly (at 95% confidence) lower than 1979 and the years previous. These decreases have been brought about by improvements at sites that commonly registered the highest values.

The highest reported station annual means in 1983, 3.8 ppm and 2.5 ppm, were recorded at commercial sites in Toronto and Montreal and are lower than the highest value recorded in 1981. Since both stations are downtown sites located near major traffic arteries, this decrease reflects a general lowering of the per car emission rate (19) over the review period. From a "Summary Report, Canadian Energy Supply and Demand 1983

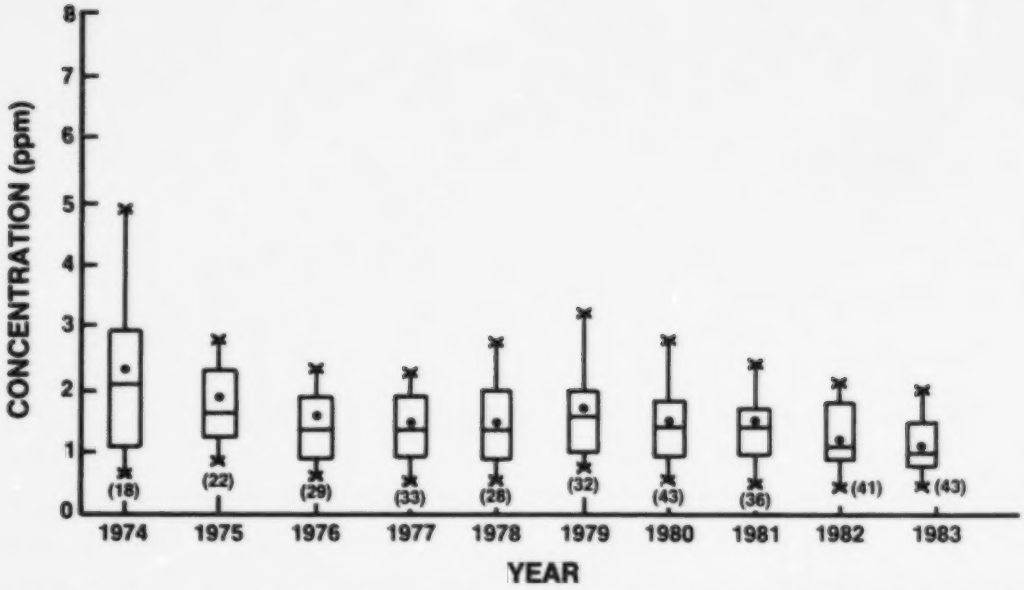


FIGURE 13 CARBON MONOXIDE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)

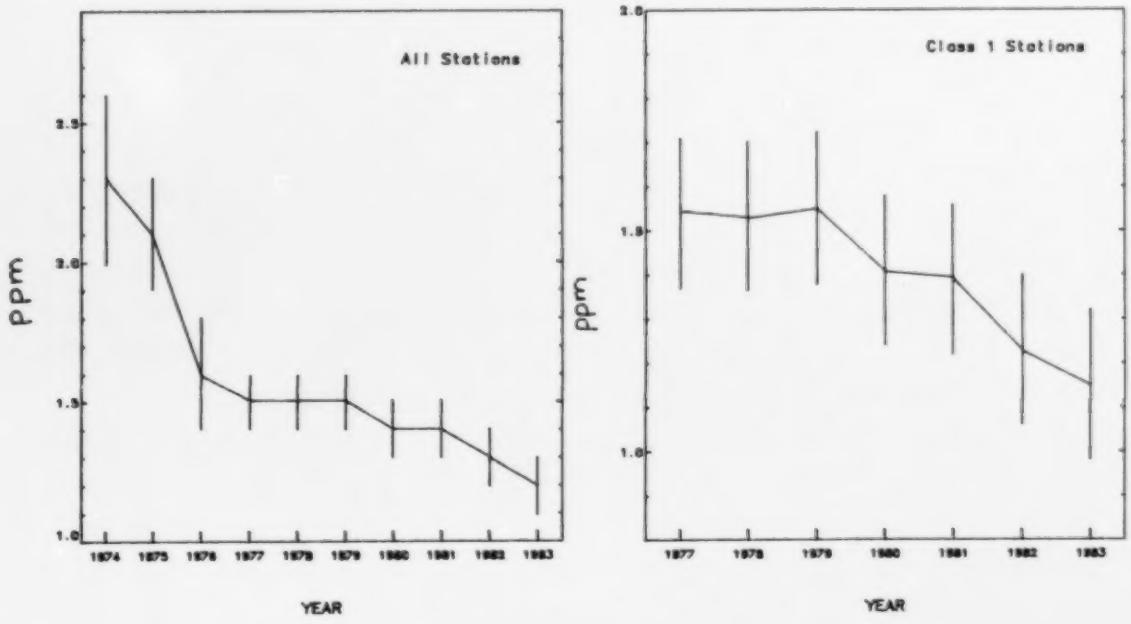


FIGURE 14 TRENDS IN CARBON MONOXIDE ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS

to 2005" there is evidence that in the 1979 to 1983 period the demand for heating fuel and gasoline was declining. These factors would point to a reduction in the ambient levels of carbon monoxide at sites that traditionally record the highest annual mean concentrations.

4.2 Short-term Concentrations

4.2.1 8-hour Maximum Levels. The percentage of stations meeting the 8-hour acceptable objective have continued to increase, from 71% in 1974 to 96% in 1983 (Figure 15). The number of stations reporting readings exceeding the maximum acceptable and maximum tolerable levels account for the fluctuations in the period from 1976 to 1981. Two sites reporting concentrations in excess of 17 ppm (maximum tolerable level) in 1983 were Toronto station (60416C) and Calgary station (90227C) at 21 ppm.

The percentage of stations reporting average 8-hour readings in various ranges with respect to 8-hour NAAOOs from 1974 to 1983 are summarized in Appendix A.

Figure 16 shows the trend in the composite average of the 98th percentile (8-hour) concentrations at Class I stations and all stations. In this case all stations show more significant changes between years with 1983 showing an improvement over 1981, 1979 as well as the years prior to 1978. It is interesting to note that the two years 1980 and 1982 for which there was a significant short-term change (Wilcoxon test) are the only two years that are not significantly different from 1983 in the Tukey Multiple Comparison test.

4.2.2 1-hour Maximum Values. The number of stations reporting readings higher than 1-hour maximum desirable carbon monoxide level of 13 ppm have been decreasing over the years, with a rather sharp decrease occurring in 1983 (Figure 15). The percentages of stations with readings exceeding the maximum acceptable level varied from 2% to 8%, without any apparent trend since 1974. Readings in excess of the maximum acceptable 1-hour and 8-hour levels occurred at only one Calgary site in 1983 (Station 90227C). The other site where the maximum acceptable 1-hour level was exceeded was Montreal station (50109C).

The percentage distribution of stations in various ranges with respect to the 1-hour NAAQOs from 1974 to 1983 is shown in Appendix A.

Figure 16 shows the trend in the composite average of the 1-hour 98% concentrations. Again the all station plot shows more significant differences with 1983 levels being significantly better than 1981, 1979 and the years prior to 1978.

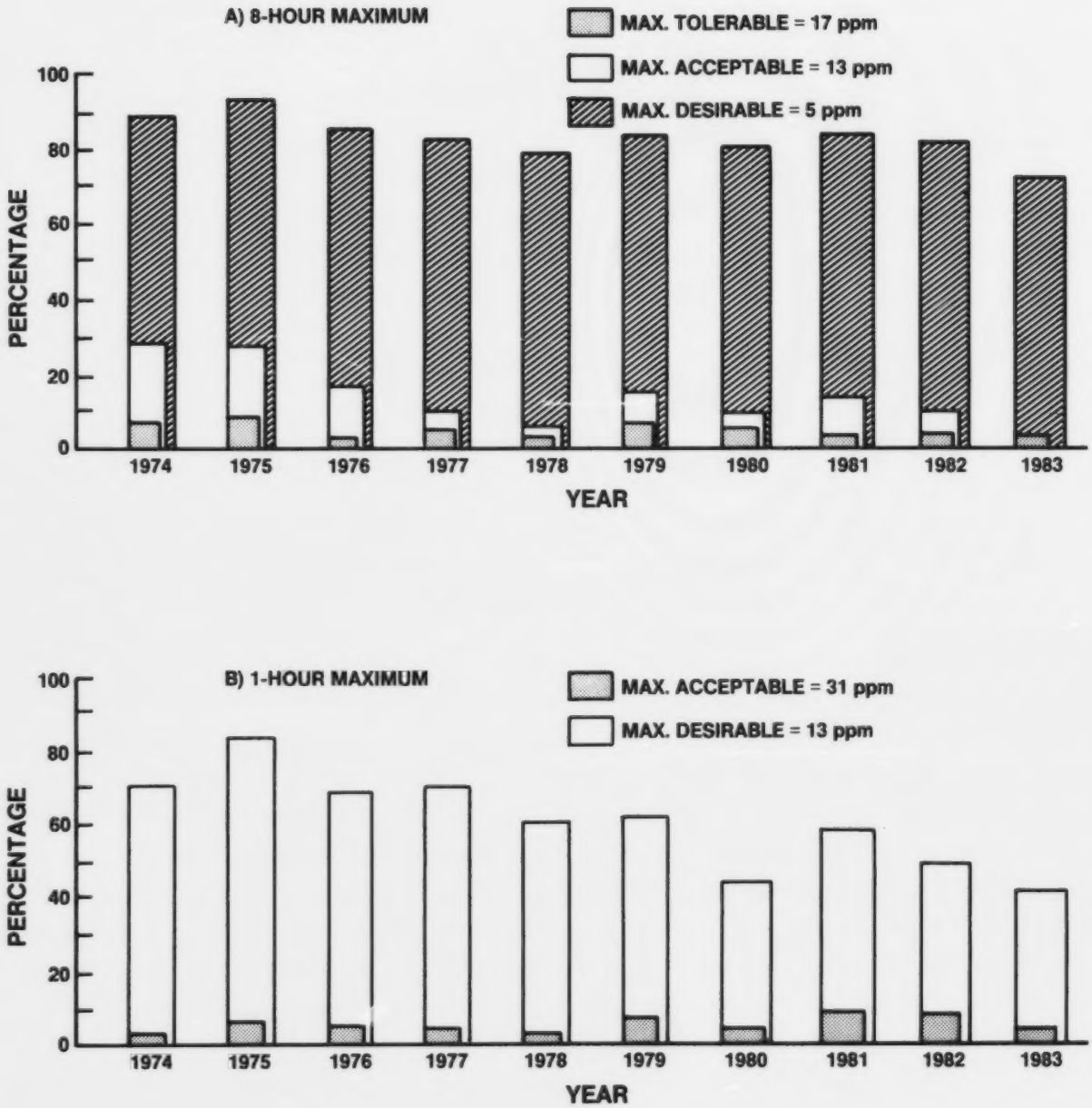


FIGURE 15 CARBON MONOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING NAAQO'S (1974-1983)

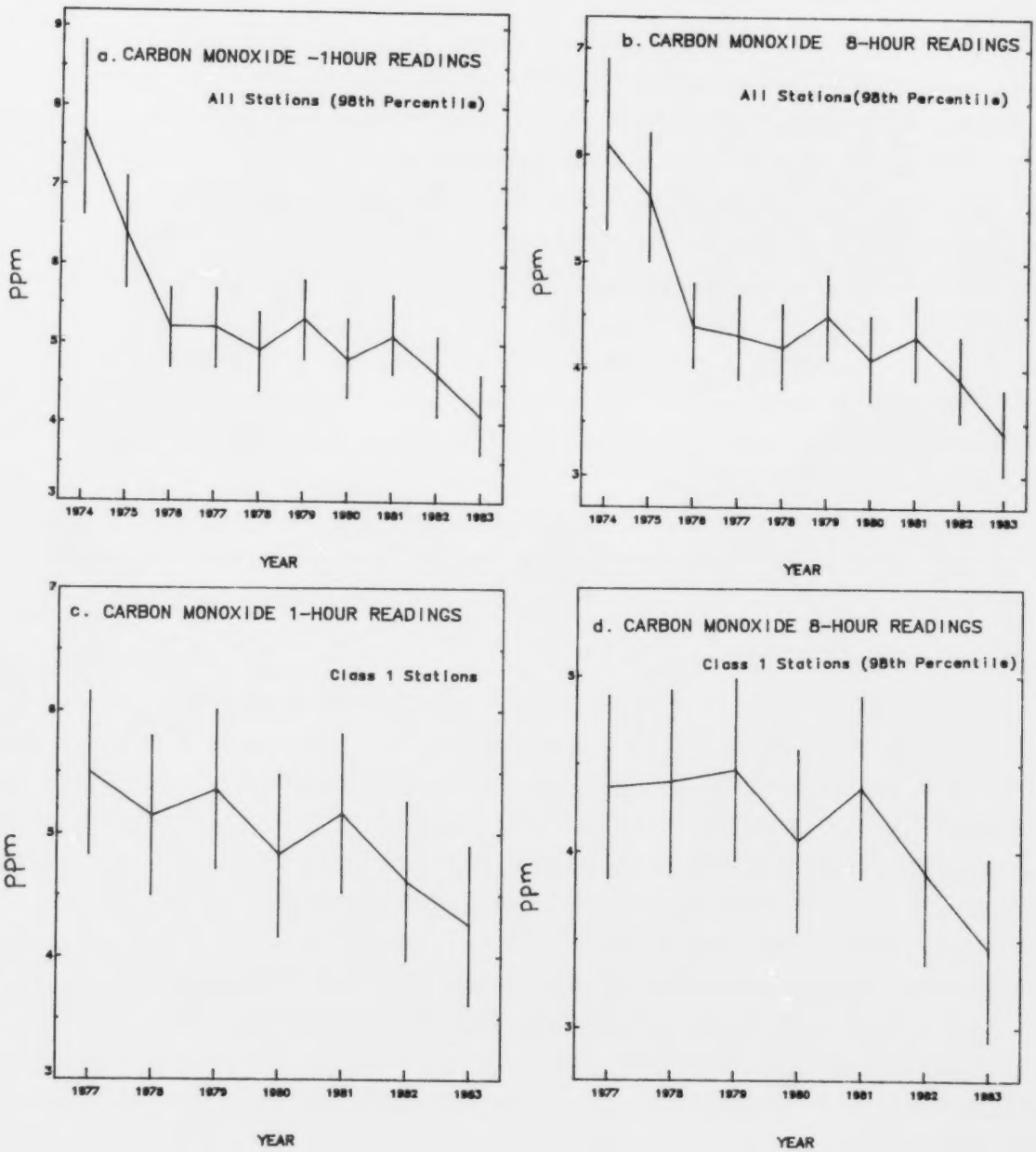


FIGURE 16 COMPOSITE AVERAGES OF THE 98th PERCENTILE CONCENTRATIONS WITH 95% CONFIDENCE LIMITS FOR CLASS I AND ALL STATIONS (1974-1983)

5 OZONE

Ozone is the principal species of several oxidizing gases known collectively as total oxidants. Atmospheric ozone concentrations increase as a result of photochemical reactions which occur under conditions of strong sunlight and high concentrations of hydrocarbons and nitrogen oxides. These precursors to atmospheric ozone formation are emitted primarily from gasoline-powered motor vehicles, residential, commercial and industrial fuel combustion, and diesel engines. Ambient air quality objectives for ozone have been set on the basis of known adverse effects on vegetation, materials and human health.

Ozone monitors were first installed in the NAPS network in 1973 (Figure 1). Data for the 1973-1974 period were presented in an earlier report (1). With the subsequent implementation of a common calibration procedure for ozone monitors across the NAPS network, it was found that the data was unreliable (2). In order to avoid assessments based on unreliable data, it was decided to delay the interpretation of ozone data until all questions of methodology were resolved. It is now believed that the ozone measurements made throughout the network after 1978 are reliable and consistent.

5.1 Annual Means

Annual ozone concentrations beginning in 1979 are presented in Figure 17. The overall average of ozone annual means for the NAPS network in 1983 was 16 ppb. Values for individual stations ranged from 5 ppb in Vancouver (00112C) to 23 ppb in Cornwall (61201R). Most station annual means in southern Ontario were in the 10 ppb and 23 ppb range. The characteristic seasonal pattern of highest levels during the summer months was generally observed. Trends in average ozone concentrations at all stations and Class I stations are shown in Figure 18. The number of stations indicating changes in annual mean ozone concentrations between 1979 and 1983 is shown in Appendix A.

The maximum acceptable annual mean level for ozone is 15 ppb. As shown in Appendix A, about half of the monitoring sites met this objective. The sites exceeding this level were quite evenly distributed across the network, but all southern Ontario sites outside of the Toronto-Hamilton urban area reported readings higher than the maximum acceptable level. The reduction of ozone levels by nitrogen oxide scavenging in urban and industrial areas has been a generally accepted fact for many years.

5.1.1 1-hour Maximum Levels. Maximum desirable, acceptable and tolerable 1-hour ozone objectives can be found in Table 2. The percentage of stations showing 1-hour

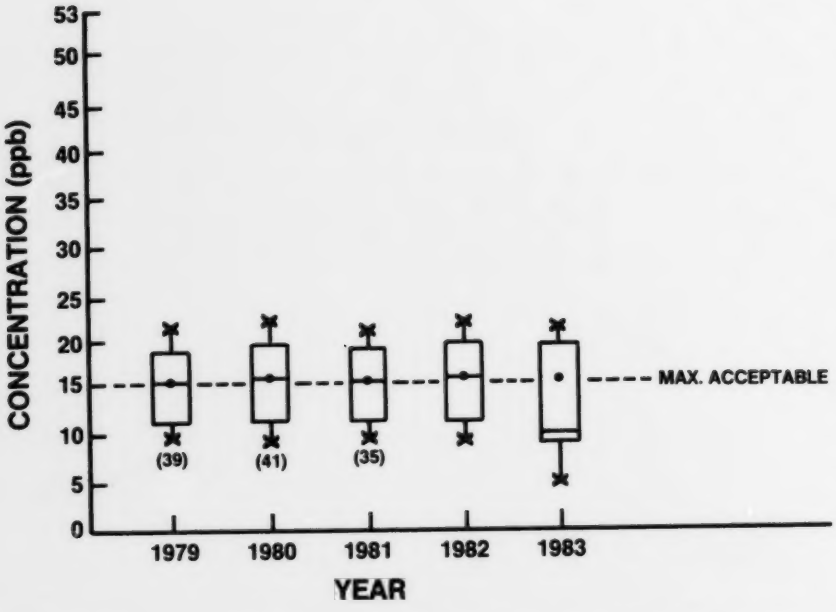


FIGURE 17 OZONE - DISTRIBUTION OF ANNUAL MEAN DATA (1979-1983)

values in the ranges defined by these objectives are summarized in Appendix A. About ten percent of the sites reported values in excess of the maximum tolerable level of 150 ppb. These were, in most instances, single occurrences.

According to an EPA report on air quality indicators (18) a better indicator of ozone trends is the analysis of 1-hour, 98th percentile concentrations (peak statistics). The reason for this is that ozone is a seasonal pollutant and this character is lost in the annual mean, therefore, no trend can be determined. In Figure 18 greater variation in the 1-hour data occurs, with 1983 showing a pronounced increase over previous levels. According to the U.S. air quality trends report (15), 1983 was an unusually high ozone year, particularly in the northern states, higher than either 1981 or 1982. This same trend is better illustrated by the 1-hour, 98th percentile concentration plot. However, due to the variability in the data and the rather low number of stations in the ozone network no significant change over the long-term (Tukey's test and linear regression) was found, although some year to year significant (95% confidence) changes are indicated using the Wilcoxon test analysis (Table 3).

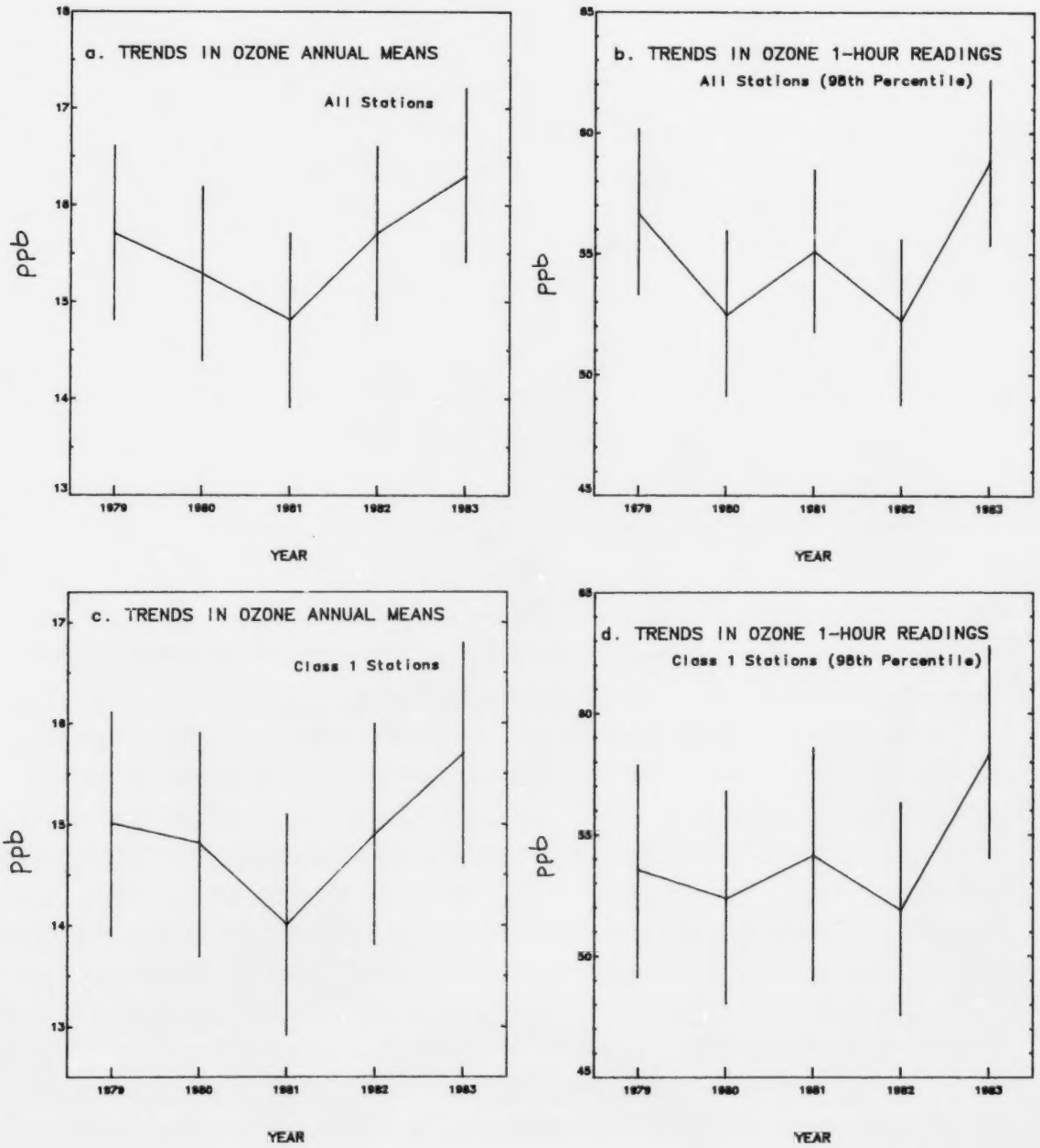


FIGURE 18 TRENDS IN OZONE ANNUAL MEAN AND 98th PERCENTILE 1-h CONCENTRATIONS FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS WITH 95% CONFIDENCE LIMITS (1979-1983)

6 SUSPENDED PARTICULATE

Total suspended particulate (TSP) is a general term applied to a wide variety of solid or liquid particles of a size and configuration such that they tend to remain airborne (aerosol). The portion of TSP known as inhalable particulate can be drawn deep into the respiratory tract. Particulate matter is the most commonly perceived form of air pollution, often manifesting itself by impairment of visibility, soiling of materials and irritation of the respiratory tract. The particle size and chemical composition of particulate emissions from the most significant sources in Canada have been determined (10). Ambient air quality objectives have been established with the goal of minimizing these undesirable effects.

Iron ore mining and beneficiation, mining and rock quarrying, sulphate (kraft) pulping, power plants, slash burning, and cement manufacturing are all important sources of suspended particulate matter. Forest fires, wind erosion and fugitive dust emissions contribute to the natural background levels (13).

In Table 2, there are suspended particulate National Ambient Air Quality Objectives for both the annual mean and the 24-hour average concentrations. However, given the NAPS schedule of sampling once every six days, only the annual mean is used as a trend statistic (18).

Annual Geometric Means. The composite averages of the station annual geometric mean have decreased approximately 40% between 1974 and 1983, and mean values appear to be levelling off in the 50 $\mu g/m^3$ range (Figure 19 and Appendix A). The decrease in average levels can be attributed to improved conditions at the more polluted sites. When statistical analysis (Wilcoxon) was applied to determine whether the change in two consecutive years was significant, TSP levels were found to have decreased significantly in 1974-1975, 1976-1977, 1980-1981, 1981-1982, and 1982-1983 (Appendix A). The significant increases in 1978-79 and 1979-80 appear to have been (general increases at all sites) due to unusually mild winters. The number of paired stations indicating changes in annual means from 1974 to 1983 are summarized in Appendix A.

Long-term changes (Tukey's test) in the composite annual mean values for all stations and Class I stations for 1974-1983 are shown in Figure 20. While the general trends indicated by the two sets of stations are similar, the absolute values shown by the Class I stations were higher until 1981. In more recent years, the agreement is such that Class I stations alone can provide a representative sample of TSP levels.

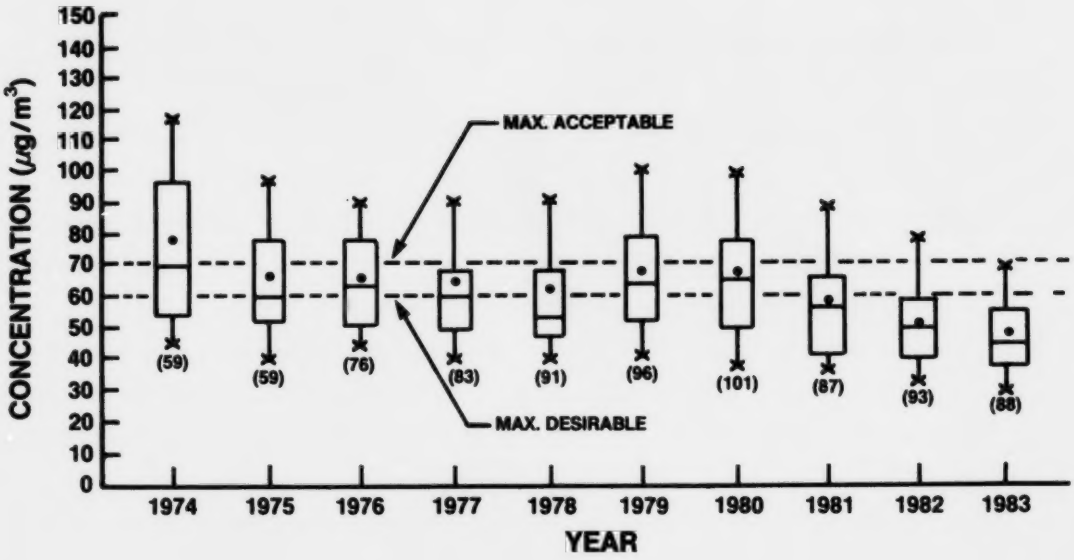


FIGURE 19 SUSPENDED PARTICULATE - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)

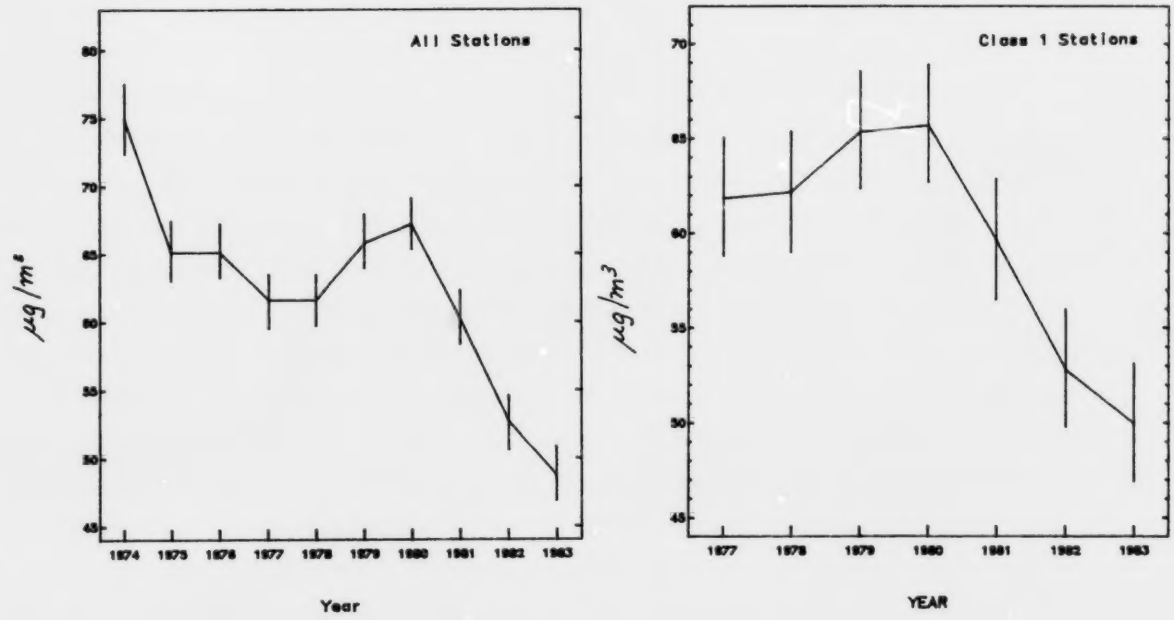


FIGURE 20 TRENDS IN SUSPENDED PARTICULATE ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS

As a result of the greater number of stations used to calculate the confidence intervals (Tukey's test) for the years 1974 to 1983 "all stations" provides a better indicator of long-term change. By inspection we can see that 1983 was a significant (95% confidence) improvement over all the preceding years except for 1982, which was in turn a significant improvement of over all other previous years. From Figure 20, it is quite evident that the network annual means have been below the Annual Maximum Acceptable level (NAAQO's) since 1975.

Improvements in TSP over the past three years have occurred at all percentile levels, such that the 75th percentile concentration in 1983 is below the maximum desirable objective level of 60 $\mu g/m^3$ (Figure 19). To underscore the dramatic improvements in TSP levels in recent years the network annual mean values from 1975 to 1980 were consistently above 60 $\mu g/m^3$ and are now in the 47 $\mu g/m^3$ range.

The percentage distribution of stations with annual mean concentrations exceeding the annual objectives are shown graphically in Figure 21. A trend towards improvement is indicated by the larger percentage of station means meeting the desirable and acceptable levels in 1982-1983. Approximately 10% of the stations measuring TSP concentrations exceeded the maximum acceptable level of 70 $\mu g/m^3$ in 1983, compared with the 50% exceedence rate in 1974. Similarly, the percentage of stations with annual means meeting the maximum desirable objective of 60 $\mu g/m^3$ increased from 30% in 1974 to 80% in 1982-1983. The percentage of stations reporting annual means in the various ranges defined by the NAAQOs are summarized in Appendix A.

Stations reporting the highest annual means in 1983 were: Toronto station (60414I), 82 $\mu g/m^3$; Montreal station (50109C), 101 $\mu g/m^3$; Hamilton station (60505R), 78 $\mu g/m^3$. Other cities with stations reporting annual mean values in excess of maximum acceptable level (70 $\mu g/m^3$) were: Hamilton, Shawinigan, and Calgary. Elevated total suspended particulate levels can be associated with sites that are near a major traffic artery, heavy industry or near a construction site.

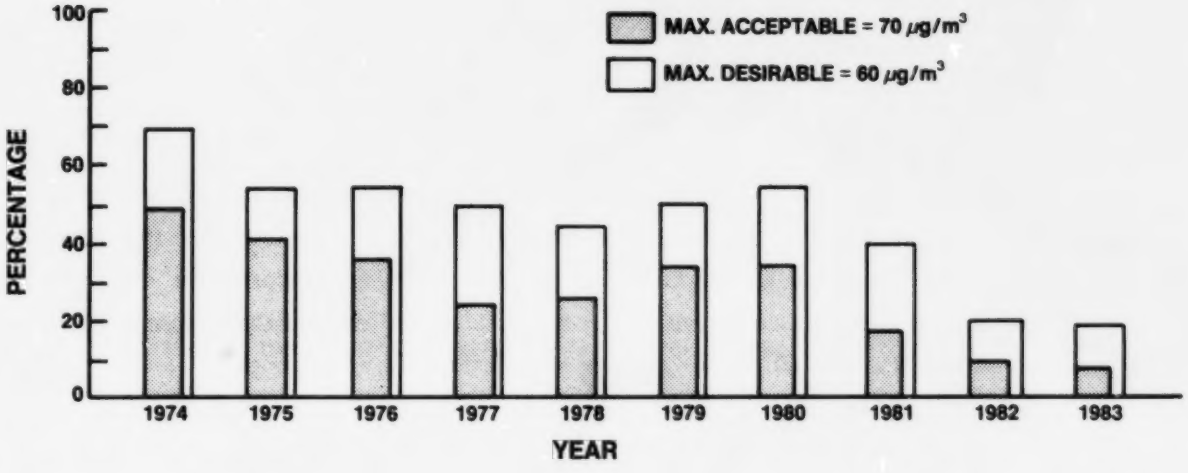


FIGURE 21 SUSPENDED PARTICULATE - PERCENTAGE OF STATIONS REPORTING READINGS EXCEEDING ANNUAL NAAQOs (1974-1983)

7 LEAD

Lead in the ambient air has long been recognized as a potential threat to human health. Gasoline-powered motor vehicles account for more than 85% of total airborne lead emissions in Canada. Other sources include the primary production of copper and nickel, and the operations involved in lead mining, milling, smelting and refining (12).

Lead is present in ambient air as a component of suspended particulate and is determined by analyzing the samples collected for suspended particulate matter determinations.

Annual Geometric Means. The composite average of the network annual mean lead concentrations decreased by about 60% between 1974 and 1983 (Appendix A; Figure 22). Stations in more polluted areas have shown consistent improvement as indicated by the decrease in the 90th percentile concentration. Statistical tests to determine the significance of the change between any two consecutive years show that annual lead levels decreased significantly in all years except 1980 to 1981, when no trend was indicated (Table 3). The number of stations indicating changes in paired annual geometric mean data are listed in Appendix A.

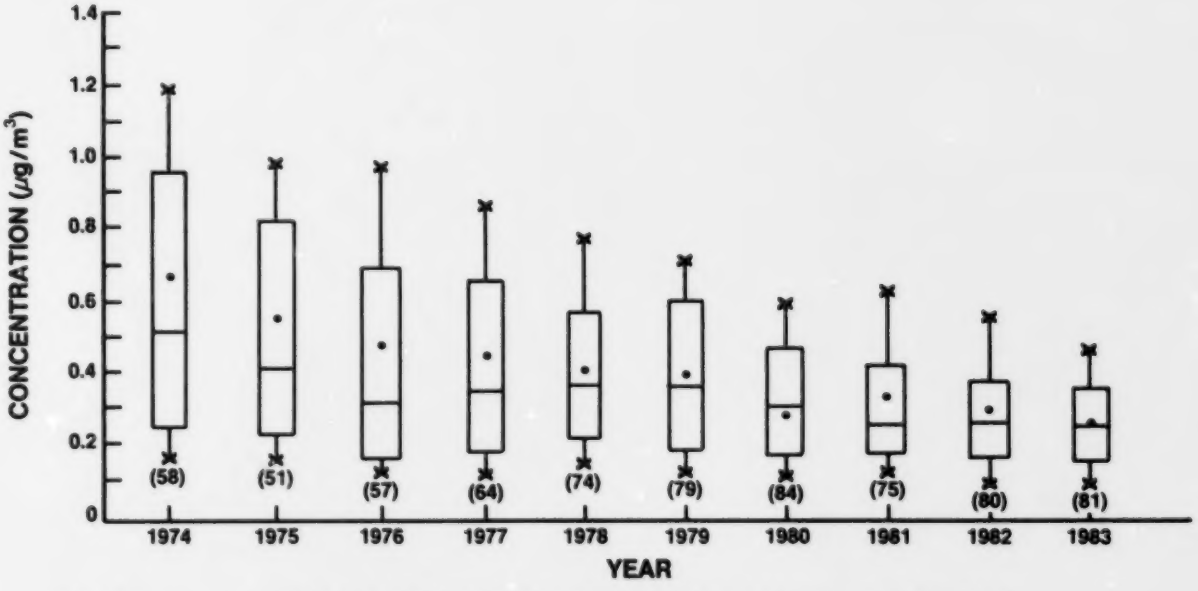


FIGURE 22 LEAD - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)

Average annual mean lead concentrations measured at stations in the NAPS network are shown in Figure 23. Class I stations show higher levels than do all stations, which is consistent with the fact that Class I stations tend to be located in the downtown urban areas where lead levels are expected to be higher. The data indicate a convergence of the average levels measured by the two sets of stations, but the Class I average continued to be somewhat higher than the overall average from 1974 to 1979. In Figure 23 the long-term change using Tukey's test is presented for all stations (network) and there appears to be a significant decrease every few years rather than every year as with the Wilcoxon test. The most recent trend result indicates that 1983 is significantly lower than 1981 and the preceding years. As more and more automobiles use unleaded fuels the rate of this decreasing trend should become more pronounced as we approach background levels.

Historically the highest lead concentrations have occurred in cities. Station parameters, concentration levels, and traffic density for the highest lead sites in 1983 are provided in Table 6.

Although some of these stations may be near an industrial source such as a smelter or a metal remelting operation, one common feature is their proximity to high traffic density or, more specifically, to the major source of urban suspended particulate lead emissions--the gasoline-powered motor vehicle.

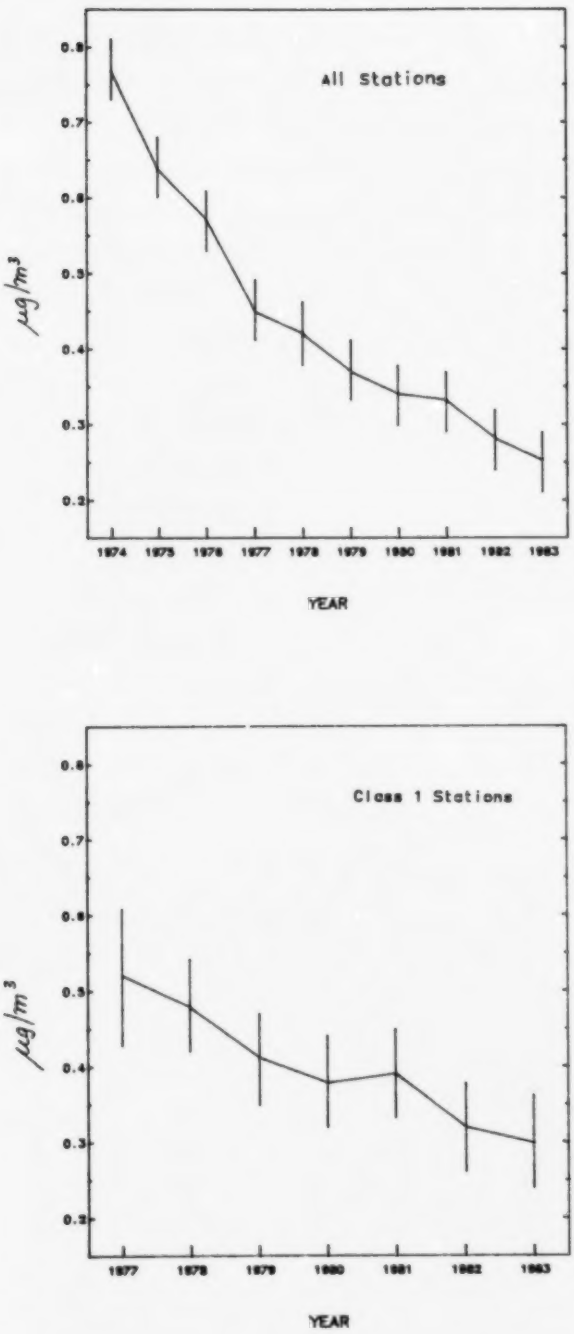


FIGURE 23 TRENDS IN LEAD ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS

TABLE 6 MONITORING SITES* WITH HIGHEST MEASURED LEAD CONCENTRATIONS (1983)[17]

Station No.	City	Address	Annual Geometric Mean ($\mu g/m^3$)	Maximum Quarterly Mean ($\mu g/m^3$)	Maximum 24-h Conc. ($\mu g/m^3$)	Sampler Height (m)	Distance to Nearest Roadway (m)	Nearest Major Roadway Traffic Volume (veh/day)
50109	Montreal	Duncan/Décarie	0.72	0.93	1.8	4	20	100 000
50601	Rouyn	Hotel de Ville	0.41	1.20	7.7	8	--	--
60403	Toronto	Evans/Arnold	0.46	0.77	1.7	2	120	150 000
60412	Toronto	Bathurst/Wilson	0.45	0.90	1.6	2	50	225 800
60501	Hamilton	Barton/Sanford	0.40	0.67	2.5	4	18	18 650
61501	Kitchener	Edna/Frederick	0.52	0.83	2.2	4.5	20	56 000
90204	Calgary	316-7th Avenue	0.43	0.93	2.2	9	25	16 150
00104	Vancouver	27th/Ontario	0.50	0.77	1.8	18	200	10 800
00106	Vancouver	2294 W. 10th	0.41	0.67	1.3	17	100	30 000
00109	Vancouver	970 Burrard	0.56	0.77	1.9	4	20	21 200
00114	Vancouver	Mun. Hall (Richmond)	0.46	0.83	2.1	15	100	29 000
00117	Vancouver	BCIT Burnaby	0.51	0.87	2.2	18	200	35 000
00303	Victoria	1250 Quadra	0.45	1.0	2.3	12	18	12 000

* only NAPS stations with complete data record included

8 SOILING INDEX

The soiling index is a measurement of the soiling or darkening potential of fine particulate in the atmosphere, measured in coefficient of haze (COH) units. No NAAQOs have been set for this pollutant. Likely sources of fine particulate are: fuel combustion, industrial processes, vehicle exhaust, forest fires, agricultural burning and fugitive dust emissions.

As shown in Figure 24 and Appendix A, the composite average of the station annual means decreased substantially between 1974 and 1983. The decrease from 0.38 units in 1974 to 0.28 units in 1983 is approximately 25%. Reduced levels at the stations in traditionally more polluted sites accounted for most of the decrease in the average values.

Despite the general improvement in average soiling index levels, statistical analysis (Wilcoxon) of changes between consecutive years has shown that no significant decreases occurred except for 1980 and 1983 (Table 3). The distribution of annual means for 1980 and 1983 in Figure 24 shows less spread from the 75th to the 25th percentile than other years, corroborating the result of a statistically significant decrease.

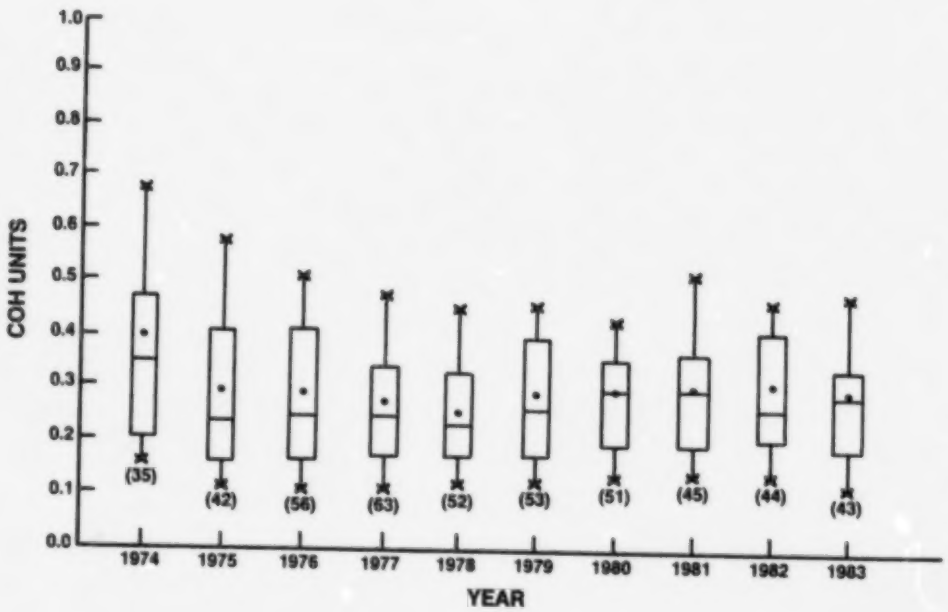


FIGURE 24 SOILING INDEX - DISTRIBUTION OF STATION ANNUAL MEAN DATA (1974-1983)

Long-term changes using Tukey's test in average annual mean soiling index values for Class I stations and for all NAPS network stations are shown in Figure 25. Better agreement has occurred between Class I stations and all stations in recent years. The Class I stations do, however, tend to show higher index values than do all stations; this is consistent with their central urban locations. The results of Tukey's test for all stations indicate that significant (95% confidence) changes in the levels of COH have occurred between 1974-1975 and the years 1978, 1980 and 1983. For the period 1976 to 1983 no significant change is noted as all the confidence limits overlap.

The previously reported (2) occurrence of higher soiling index values in stations in such cities as Montreal, Toronto, Hamilton, Windsor and Vancouver continued during 1982 and 1983. The North Park (60505R) station in Hamilton reported the second highest annual mean in 1983 (0.54 COH units). The station recording the highest annual mean in 1982 and 1983 was the Toronto station at Bathurst and Wilson (60412R) with levels of 0.60 and 0.57 COH units. This station is located near a major expressway (Hwy. 401).

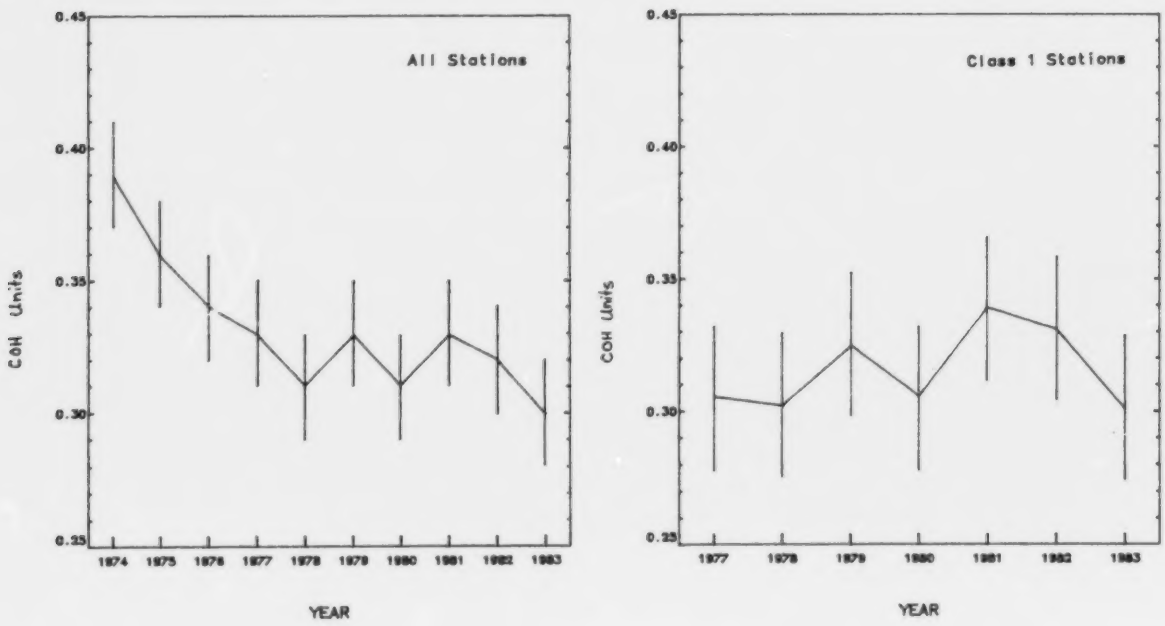


FIGURE 25 TRENDS IN SOILING INDEX ANNUAL MEAN VALUES FOR ALL STATIONS AND CLASS I STATIONS (1974-1983) WITH 95% CONFIDENCE LIMITS

9 ANNUAL AIR QUALITY INDEX

9.1 Basis of the Air Quality Index

An annual air quality index reduces complex and voluminous air monitoring data for numerous air contaminants to a single number which can be used to give some indication of overall air quality. The National Ambient Air Quality Objectives are used to provide a common scale with which to quantify the effects of different pollutants on the quality of the air. Conceptual details and guidelines on the use of the index have been published elsewhere (6); only the main assumptions will be summarized here:

a) the index is based on SO_2, NO_2, CO, O_3 and TSP data from Class I monitoring stations;

b) the index is based on the average of three different pollutant subindicies that have the most significant effect on air quality;

c) at the defined levels, the effects of all pollutants are equally significant with respect to the quality of the air;

d) the index is based on the measured levels of air quality that are not exceeded by more than 2% of readings taken as recommended by the World Health Organization; and

e) if more than one index can be computed for a given pollutant, the largest index is used to represent that pollutant.

Because of these various assumptions, the index can be described as "severe", in that it is based upon 98th percentile concentrations and the largest index computed, rather than on average conditions.

9.2 Air Quality Indexes (1977-1983)

Calculated annual air quality index values for all Class I stations in operation during the 1977-1983 period are summarized in Table 7. A qualitative descriptor (Good, 0-25; Fair, 30-50; and Poor, 50+) has been assigned to each station based on 1977-1983 data. As individual stations do not show large year-to-year variations, it is probably premature to attempt to quantitatively assess such trends.

The majority of the sites may be categorized as "Fair". Nine sites showed an index of less than 25 (Good) for at least one of the past two years (1982-1983). The three sites that were rated as "Poor" in 1981 have shown considerable improvement and are now in the fair category. By inspection it is evident that the number of good stations is increasing over time.

TABLE 7 INDEX OF AIR QUALITY FOR CLASS I STATIONS (1977-1983)

City	Number	Station	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	Category
Halifax	30116C	Barrington and Duke	22	22	26	26	27	14	21	G
Saint John	40202C	Post Office	--	--	--	37	34	34	23	G
Montreal	50115C	Peel and Maisonneuve	45	50	46	51	50	-	25	
	50116R	3161 Joseph, Verdun	--	--	39	35	36	34	39	
	50102R	Jardin Botanique	39	37	34	35	26	26	22	G
	50109C	Duncan and Decarie	43	49	51	50	47	45	46	
	50112C	Boul. Laurentides	--	35	30	26	29	37	31	
	50110C	Parc Pilon, Mtl-Nord	--	--	31	34	36	37	26	
Hull	50203R	Gamelin and Joffre	--	20	28	19	20	28	22	G
Quebec City	50304C	155 Dorchester Sud	58	47	47	44	37	27	36	
Ottawa	60101C	88 Slater Street	42	39	38	35	24	40	33	
Windsor	60204C	471 University	46	46	33	43	42	40	39	
Toronto	60417C	26 Breadalbane Street	40	43	44	42	41	33	40	
	60412R	Bathurst and Wilson	44	42	45	38	39	40	29	
	60410R	Lawrence and Kennedy	37	40	40	35	41	34	40	
	60415R	Queensway W. and Hurontario	--	40	40	38	43	34	40	
	60402R	Don Mills,Science Centre	--	--	31	31	33	27	30	
	60413R	Elmcrest Road	36	41	34	34	38	37	39	
Hamilton	60501C	Barton and Sanford	51	51	48	40	43	46	45	
London	60901C	King and Rectory	44	42	44	42	41	40	36	
St. Catharines	61301C	North and Geneva	46	42	38	33	40	35	43	
Kitchener	61501C	Edna and Frederick	41	47	41	41	43	38	43	
Winnipeg	70119C	65 Ellen Street	--	39	40	53	39	27	32	
	70118R	Jefferson and Scotia	34	28	44	41	35	27	28	
Regina	80109C	1620 Albert Street	--	--	40	41	52	35	33	
Edmonton	90130C	10255-104th Street	48	48	53	48	43	49	34	
	90122R	127 St. and 133 Avenue	39	41	45	39	39	39	38	
Calgary	90227C	1611-4th Street S.W.	48	49	56	32	29	30	29	
	90222R	39 St. and 29 Ave. N.W.	36	35	37	46	36	38	33	
Vancouver	00112C	Robson and Hornby	36	32	37	31	42	21	18	G
	00106R	2294 West 10th Avenue	36	34	40	27	30	24	23	G
	00108I	250 West 70th Avenue	40	36	42	33	34	35	29	
	00110R	E. Hastings and Kensington	33	36	36	26	23	19	18	G
	00111I	Rocky Pt. Park	--	26	32	40	43	26	25	G
Victoria	00302C	1250 Quadra St.	29	23	23	18	22	21	17	G

Index	Category
0 - 25	Good
26 - 50	Fair
51 - 100	Poor
100+	Very Poor

Note: Because most of the stations fall into the "Fair" category only good stations are designated.

REFERENCES

1 Nicholl, C.S. and P.J. Choquette, "Ambient Air Quality 1970-74, A Statistical Analysis", Air Pollution Control Directorate, Environment Canada, EPS 5-AP-76-14 (February, 1977).

2 Souchen, P., "National Air Quality Trends 1970-77", Air Pollution Control Directorate, Environment Canada, EPS 5-AP-78-27 (April, 1979).

3 "Urban Air Quality Trends in Canada 1970-79", Environmental Protection Service Report EPS 5-AP-81-14, Environment Canada (1981).

4 National Air Pollution Surveillance, Annual Summaries, 1974 to 1983, Surveillance Reports, Air Pollution Control Directorate, Environment Canada.

5 Furmanczyk, T., "National Urban Air Quality Trends (1974-81)", Report EPS 7/AP/14, Environment Canada (1984).

6 "Guidelines for an Annual Air Quality Index", a report by the Federal-Provincial Committee on Air Pollution (August, 1980).

7 "Criteria for National Air Quality Objectives", a report by the Sub-Committee on Air Quality Objectives, Federal-Provincial Committee on Air Pollution (November, 1976).

8 Byrkit, Donald R., Elements of Statistics (2nd Edition), published by D. Van Nostrand Co., Library of Congress Cat. Card No 74-25312; ISBN: 0-442-21413-8 (1972).

9 Pollak, Allison K., "Analysis of Variance Applied to National Ozone Air Quality Trends" Systems Applications, Inc. San RaFael, California.

10 A Nationwide Inventory of Anthropogenic Sources and Emissions of Primary Fine Particulate Matter, Supply and Services Canada Contract No. 055 80-00133.

11 Environment Canada, Status Report on Compliance with Secondary Lead Smelter Regulations, 1984, Report EPS 1/MM/1 (June, 1985).

12 Jaques, A.J., "National Inventory of Sources and Releases of Lead (1982)", Environment Canada Report EPS 5/HA/3 (September, 1985).

13 Environment Canada, "Emissions and Trends of Common Air Contaminants in Canada (1970-1980) draft report.

14 National Energy Board "Canadian Energy Supply and Demand 1983-2005", Summary Report (September, 1984).

15 U.S. Environmental Protection Agency (1985) "National Air Quality and Emissions Trends Report, EPA-450/4-84-029 (1983).

16 Environment Canada, "Light Duty Vehicle Emissions and the Oxidants Issue in Canada", EPS 2/TS/3 (May, 1984).

17 Environment Canada, "Ambient Air Particulate Lead Concentrations in Canada 1975-1983", EPS 7/AP/15 (September, 1985).

18 U.S. Environmental Protection Agency, "Intra-Agency Task Force Report on Air Quality Indicators", EPA-450/4-81-015 (February, 1981).

APPENDIX A

SUMMARY DATA - NATIONAL URBAN AIR QUALITY TRENDS 1974-1983

TABLE A-1 SULPHUR DIOXIDE - NUMBER OF STATIONS INDICATING CHANGES IN ANNUAL MEAN (1974-1983)

Period	Number of Stations			
	Decrease	Increase	No change **	Total
1974-75*	11	2	10	23
1975-76	7	4	18	29
1976-77	11	9	20	40
1977-78*	19	4	30	53
1978-79	12	6	40	58
1979-80	12	9	35	56
1980-81*	7	2	31	40
1981-82	7	6	32	45
1982-83	4	2	43	49

* statistically, there was a significant decrease in sulphur dioxide levels

** includes differences of less than 10.0 ppb to ensure changes are not due to monitoring instrument inaccuracies or other errors

TABLE A-2 SULPHUR DIOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS WITH READINGS IN VARIOUS RANGES WITH RESPECT TO THE NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY OBJECTIVES (1974-1983)

Range (ppb)	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A) Annual Means										
0 to 11*	41	53	54	59	68	67	65	75	84	89
12 to 23**	41	36	36	36	25	29	34	23	14	9
>23	18	11	10	5	7	4	1	2	2	2
No. of stations	27	36	48	59	71	69	65	51	59	60
B) 24-hour Maximum										
0 to 60*	60	59	56	54	42	41	57	49	59	65
61 to 110**	25	24	29	24	44	44	36	38	35	21
111 to 310***	15	17	15	21	13	15	6	12	4	10
>310	--	--	--	1	1	--	1	1	2	4
No. of stations	55	63	75	83	92	90	89	82	81	78
C) 1-hour Maximum										
0 to 170*	56	57	56	59	61	62	74	55	64	73
171 to 340**	31	21	33	23	22	27	16	30	27	17
>340	13	22	11	18	17	11	11	15	9	10
No. of stations	55	63	75	83	92	89	88	82	81	78

* desirable level
** acceptable level
*** tolerable level

TABLE A-3 NITROGEN DIOXIDE - NUMBER OF STATIONS INDICATING CHANGES IN ANNUAL MEAN (1977-1983)

Period	Number of Stations			
	Decrease	Increase	No change**	Total
1977-78	8	9	4	21
1978-79*	12	4	7	23
1979-80	15	6	10	31
1980-81	8	6	17	31
1981-82	9	9	13	31
1982-83*	14	1	15	30

* statistically, the decrease in levels was significant at 95% confidence for the years 1977-1983

** includes stations indicating differences of less than 10.0 ppb to ensure changes are not due to monitoring instrument inaccuracies or other errors

TABLE A-4 NITROGEN DIOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS IN VARIOUS RANGES WITH RESPECT TO NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY OBJECTIVES (1977-1983)

Range (ppb)		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A) Annual Means								
0	to 32*	59	64	76	78	86	86	97
33	to 53**	37	36	24	22	14	14	3
> 53		4	---	---	---	---		---
No. of stations		27	33	34	37	36	38	33
B) 24-hour Maximum								
0	to 110**	84	87	92	90	90	92	92
111	to 160***	16	13	8	10	8	8	8
>160		---	---	---	---	2		---
No. of stations		44	47	49	50	49	49	50
C) 1-hour Maximum								
0	to 210**	86	87	96	92	86	84	96
211	to 530***	14	13	2	8	14	16	4
>530		---	---	2	---	---		---
No. of stations		44	47	49	50	49	49	50

* desirable level

** acceptable level

*** tolerable level

TABLE A-5 CARBON MONOXIDE - NUMBER OF STATIONS INDICATING CHANGES IN ANNUAL MEAN (1974-1983)

Period	Number of Stations			
	Decrease	Increase	No change**	Total
1974-75*	9	3	3	15
1975-76	7	9	3	19
1976-77	8	7	9	24
1977-78	8	9	11	28
1978-79	9	10	13	32
1979-80*	17	6	14	37
1980-81	5	8	19	32
1981-82*	13	1	18	32
1982-83	11	3	21	35

* statistically, there was a significant decrease in carbon monoxide
** includes stations where differences were less than 0.1 ppm to ensure changes are not due to monitoring instrument inaccuracies or other errors

TABLE A-6 CARBON MONOXIDE - PERCENTAGE OF STATIONS WITH READINGS IN VARIOUS RANGES WITH RESPECT TO NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY OBJECTIVES (1974-1983)

Range (ppm)		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A)	**8-hour Maximum**										
0	to 5.0*	11	6	14	17	21	18	23	13	15	25
5.1	to 13**	60	67	70	73	71	63	69	73	74	71
13.1	to 17***	22	18	14	6	6	14	4	12	6	-
>17		7	9	2	4	2	6	4	2	5	4
No. of stations		27	33	42	48	52	51	52	52	53	51
B)	**1-hour Maximum**										
0	to 13*	30	18	32	31	42	39	59	46	51	59
13.1	to 31**	67	76	63	65	56	55	38	46	42	37
>31		3	6	5	4	2	6	3	8	7	4
No. of stations		27	33	42	48	52	51	52	52	53	51

* desirable level
** acceptable level
*** tolerable level

TABLE A-7 OZONE - NUMBER OF STATIONS INDICATING CHANGES IN ANNUAL MEAN (1979-1983)

Period	Number of Stations			
	Decrease	Increase	No Change**	Total
1979-80	10	9	15	34
1980-81*	13	4	15	32
1981-82*	3	12	17	32
1982-83	5	10	16	31

* statistically significant decrease in annual mean
** includes stations where differences were less than 1.0 ppb to ensure changes are not due to monitoring instrument inaccuracies or other errors

TABLE A-8 OZONE - PERCENTAGE OF STATIONS WITH READINGS IN VARIOUS RANGES WITH RESPECT TO NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY OBJECTIVES (1979-1983)

Range (ppb)		1979	1980	1981	1982	1983
A)	**Annual Means**					
0	to 15**	50	46	54	45	39
> 15		50	54	46	55	61
Number of stations		38	41	35	40	36
B)	**1-hour Maximum**					
0	to 50*	2	4	6	4	
51	to 80**	16	22	26	25	34
81	to 150***	62	68	58	69	58
>150		20	6	10	2	8
Number of stations		45	50	50	49	50

* maximum desirable
** maximum acceptable
*** maximum tolerable

TABLE A-9 SUSPENDED PARTICULATE - NUMBER OF STATIONS INDICATING CHANGES IN ANNUAL MEAN (1974-1983)

Period	Number of Stations			
	Decrease	Increase	No change***	Total
1974-75*	30	9	12	51
1975-76	14	17	23	54
1976-77*	23	13	31	67
1977-78	26	12	36	74
1978-79**	14	40	31	85
1979-80**	17	34	33	84
1980-81*	42	4	28	74
1981-82*	43	5	22	70
1982-83*	39	10	29	78

* statistically, there was a significant decrease in the annual geometric mean
** the increase in the annual geometric mean was determined to be statistically significant
*** includes stations where differences were less than 4 $\mu g/m^3$ to ensure changes are not due to monitoring instrument inaccuracies or other errors

TABLE A-10 SUSPENDED PARTICULATE - PERCENTAGES OF STATIONS WITH READINGS IN VARIOUS RANGES WITH RESPECT TO NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY OBJECTIVES (1974-1983)

Range ($\mu g/m^3$)	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A) Annual Geometric Means										
0 to 60*	32	47	45	50	56	48	44	61	80	81
61 to 70**	19	11	18	26	17	18	22	21	8	9
>70	49	42	37	24	27	34	34	18	12	10
No. of stations	59	60	76	83	95	95	101	87	93	88

* desirable level
** acceptable level

TABLE A-11 LEAD - NUMBER OF STATIONS INDICATING CHANGES IN ANNUAL MEAN (1974-1983)

	Number of Stations			
Period	Decrease	Increase	No change **	Total
1974-75*	23	3	23	49
1975-76*	19	3	20	42
1976-77*	18	3	26	47
1977-78*	30	7	18	55
1978-79*	28	6	22	56
1979-80*	30	6	33	69
1980-81	19	10	29	59
1981-82*	32	2	31	65
1982-83	27	6	33	66

* the Wilcoxon test indicated that lead levels decreased significantly between 1974 and 1983

** includes stations where differences were less than 0.04 $\mu g/m^3$ to ensure changes are not due to monitoring instrument inaccuracies or other errors

TABLE A-12 SOILING INDEX - NUMBER OF STATIONS INDICATING CHANGES IN ANNUAL MEAN (1974-1983)

	Number of Stations			
Period	Decrease	Increase	No change*	Total Pairs
1974-75	12	10	5	27
1975-76	16	16	7	39
1976-77	16	12	19	47
1977-78	21	13	18	52
1978-79	18	20	15	53
1979-80**	21	12	9	42
1980-81***	4	16	17	37
1981-82	14	12	11	37
1982-83	15	6	7	28

* includes stations indicating differences of less than 0.01 COH units to ensure changes are not due to monitoring instrument inaccuracies or other errors

** denotes a significant decrease using a Wilcoxon test

*** denotes a significant increase using a Wilcoxon test

TABLE A-13 SUMMARY DATA - - URBAN AIR QUALITY IN CANADA, 1974-1983

Pollutant	Year	Number of Sites	Average of Annual Mean	Percentage of Sites with Annual Mean Lower than Given Values				
				90%	75%	50%	25%	10%
SO_2 (ppb)	1974	27	16	26	22	12	<10	<10
	1975	36	15	23	19	11	<10	<10
	1976	48	14	24	20	11	<10	<10
	1977	59	14	23	15	<10	<10	<10
	1978	71	13	20	13	<10	<10	<10
	1979	69	12	18	13	<10	<10	<10
	1980	65	12	18	13	<10	<10	<10
	1981	51	11	14	11	<10	<10	<10
	1982	59	11	12	10	<10	<10	<10
	1983	60	11	12	<10	<10	<10	<10
NO_2 (ppb)	1977	27	31	44	39	27	21	19
	1978	33	29	40	35	29	20	18
	1979	34	26	34	31	27	19	12
	1980	38	25	37	31	23	19	11
	1981	36	23	32	29	22	16	11
	1982	38	23	34	27	22	18	10
	1983	33	22	29	26	23	18	12
CO (ppm)	1974	18	24	50	30	22	12	07
	1975	22	19	28	24	17	13	08
	1976	29	16	24	19	14	09	07
	1977	33	16	23	19	14	09	05
	1978	40	15	28	20	13	08	05
	1979	42	17	32	20	15	10	08
	1980	43	15	28	18	14	09	06
	1981	36	15	23	16	14	09	05
	1982	41	13	22	19	12	09	05
	1983	43	12	21	14	10	07	05
Ozone (ppb)	1979	39	15	20	18	15	12	10
	1980	41	16	21	20	16	12	09
	1981	35	15	20	18	15	12	10
	1982	40	16	21	19	16	13	10
	1983	36	16	21	14	10	07	05
SP ($\mu g/m^3$)	1974	59	78.6	121.0	96.0	70.0	53.0	43.0
	1975	59	65.9	98.0	77.0	61.0	51.0	39.0
	1976	76	65.7	91.0	78.0	64.0	50.0	43.0
	1977	83	61.9	93.0	69.0	61.0	48.0	39.0
	1978	91	61.4	92.0	68.0	53.0	44.0	36.0
	1979	96	66.0	99.0	78.0	60.0	50.0	38.0
	1980	101	67.0	99.0	77.0	64.0	50.0	40.0
	1981	87	58.6	80.0	66.0	56.0	42.0	37.0
	1982	93	51.8	77.0	58.0	49.0	39.0	33.0
	1983	88	47.6	68.0	53.0	43.0	36.0	30.0
Lead ($\mu g/m^3$)	1974	58	0.68	1.22	0.97	0.53	0.26	0.15
	1975	57	0.55	1.00	0.83	0.41	0.23	0.15
	1976	57	0.49	1.00	0.70	0.32	0.17	0.11
	1977	64	0.46	0.89	0.63	0.36	0.19	0.10
	1978	74	0.42	0.75	0.57	0.36	0.23	0.14
	1979	79	0.39	0.72	0.55	0.36	0.21	0.12
	1980	84	0.34	0.60	0.47	0.30	0.17	0.10
	1981	75	0.32	0.62	0.41	0.24	0.17	0.11
	1982	80	0.27	0.53	0.37	0.23	0.14	0.09
	1983	81	0.25	0.45	0.35	0.24	0.14	0.08
Soiling Index (COH)	1974	35	0.38	0.67	0.46	0.34	0.20	0.14
	1975	42	0.28	0.56	0.40	0.23	0.16	0.11
	1976	56	0.28	0.49	0.40	0.24	0.16	0.10
	1977	63	0.27	0.47	0.33	0.24	0.17	0.10
	1978	63	0.25	0.44	0.32	0.22	0.17	0.11
	1979	67	0.28	0.45	0.39	0.26	0.18	0.15
	1980	51	0.28	0.43	0.34	0.28	0.18	0.13
	1981	45	0.30	0.54	0.35	0.29	0.18	0.12
	1982	44	0.30	0.46	0.41	0.26	0.20	0.13
	1983	35	0.28	0.47	0.33	0.27	0.18	0.12

APPENDIX B

TRENDS IN ANNUAL POLLUTANT MEANS - A PROPOSED MODIFICATION OF THE EPA APPROACH

APPENDIX B TRENDS IN ANNUAL POLLUTANT MEANS - A PROPOSED MODIFICATION OF THE EPA APPROACH
(application of Tukey's Multiple Comparison Test)

D.A. MacLeod
Applied Statistics Division
ASQME Branch, SID

The problem of how to apply statistical analysis to test for the significance of a trend in air pollutant levels is discussed in this Appendix. It is assumed that a pollutant is recorded over a network of stations spread over several cities, and that at each station in each year a value is produced (such as an average or a percentile) that represents the pollutant level in that year. This gives an array of data as illustrated in Table B-1:

TABLE B-1 TYPICAL DATA ARRAY

		Year 1	Year 2	Year 3	Year 4
	Station 1	X	X	X	X
	Station 2	X	X	X	X
City 1	Station 3	X	X	X	X
	Station 4	X	X	X	X
	Station 5	X	X	X	X
City 2	Station 6	X	X	X	X
	Station 7	X	X	X	X
City 3	Station 8	X	X	X	X
	Station 9	X	X	X	X
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	Annual Mean	X	X	X	X

To assess the trend over the whole network, the station values are averaged each year to produce a set of annual means. The problem is to calculate confidence limits for these annual means in such a way that they provide a visual indication of whether or not a significant trend is present. Figure B-1 shows a typical plot of annual means and confidence limits.

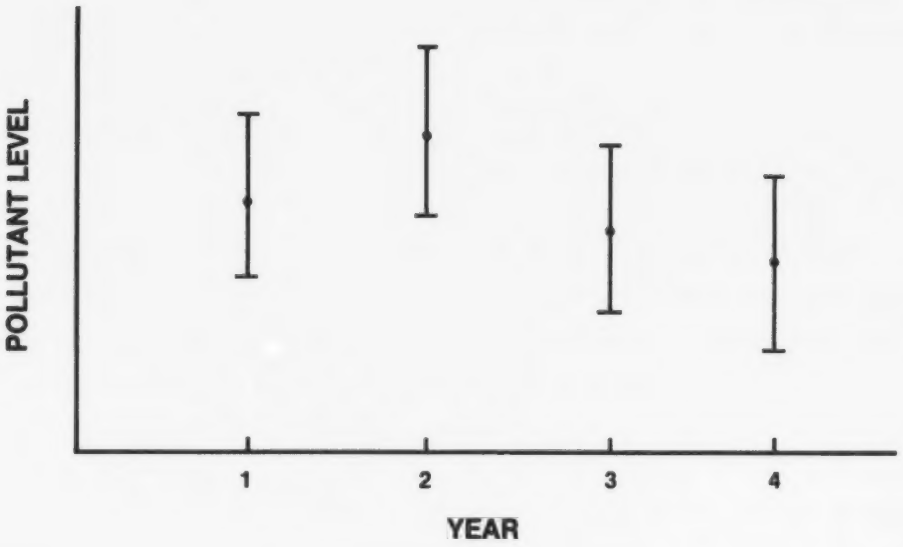


FIGURE B-1 TYPICAL PLOT OF ANNUAL MEANS WITH LIMITS ATTACHED

The confidence limits that we require are more complex than the limits required in most statistical situations because they must apply to the trend in the annual means rather than to the means themselves. For example, in Figure B-1 the confidence limits attached to the mean in Year 1 would normally indicate what range of values the true mean level in Year 1 could take with a specified level of confidence (e.g., 95%). But in our case the limits are meant to be applied to differences between means rather than to the means themselves. For example, the limits attached to the Year 1 and Year 2 means are meant to indicate together whether the true Year 1 mean is significantly different from the true Year 2 mean.

The EPA Procedure: The EPA's proposed procedure is described in a paper by Pollack, Hunt and Curran (1984), where the confidence limits are calculated in two steps:

- an ANOVA is run to obtain the error variance present in the data; and
- this error is converted into confidence limits on the annual means using Tukey's procedure for multiple comparison of means.

The ANOVA is a one-way repeated measures analysis (which is in effect a two-factor analysis), and is run on the entire data array. It produces estimates of three components - Between Years, Between Stations and Error. The key quantity is S^2, the

mean square for Error. From this, the standard error S_m is obtained that applies to each annual mean, for purposes of comparison with other means:

$$S_m = S/p^{1/2}$$

where: p = the number of stations in the array.

For the last step (the conversion of S_m into confidence limits), it is necessary to be specific about the comparisons that may be made using these limits. EPA has selected a procedure that allows any mean to be compared with any other mean, so that the probability of even one such comparison being wrongly declared significant does not exceed the specified confidence level. Other approaches could be followed that would produce narrower confidence limits, but these would involve restrictions on what mean comparisons they could be applied to. The EPA approach is the most useful since it allows the largest and smallest annual means in a set to be picked out visually from the plot, and their difference tested for significance.

The confidence limits are obtained by first calculating a critical difference 'D' such that the trend between two means is significant if their difference is greater than D:

$$D = S_m \times q(k,n;a)$$

where:
- $q(k,n;a)$ = the value from Tukey's table of studentized means;
- k = the number of years in the period;
- n = the number of degrees of freedom of S_m, which in the EPA approach is equal to $(p-1)(k-1)$; and
- a = the significance level (generally 95%).

The confidence limits plotted about each annual mean are equal to 1/2 D, so that the limits of any pair of means will overlap only if their difference is less than D.

Suggested Modifications: The procedure used in this report to calculate confidence limits is essentially the same as the EPA procedure, as set out in Pollack, Hunt and Curran (1984), but with two changes:

- the procedure was generalized to accommodate situations where some of the values in the array are missing; and
- the data was split into many small arrays, one array per city, and each array was analyzed separately; the results were then combined.

Allowance for Missing Values:

In the data analyzed in this report there were substantial numbers of missing values as many stations did not operate (or did not operate long enough to produce a value) in certain years. This problem was solved using the standard procedure suggested in statistical texts for missing values in a two-factor ANOVA (e.g., Snedecor and Cochran, 1967), by obtaining a substitute value for each missing value. The formula for the substitute for a single missing value in an array is:

$$\text{Substitute} = (rR + cC - T)/(r - 1)(c - 1)$$

where: r and c = the number of rows and columns;

R and C = the sum of all data values in the same row and column as the missing value; and

T = the sum of all data values in the array other than the missing value.

When more than one cell is missing in an array, the formula is employed in iterative fashion (as described in Snedecor and Cochran and other texts). Initial trial values are guessed at, then for each missing value in turn the trial value is removed and replaced by a substitute calculated using the formula. This cycle is repeated until the substitute values have all converged to their limits.

Once the data array is complete, annual means are calculated and the ANOVA is run. Substitute values are treated as if they had been part of the original data set. The only adjustment needed is in the calculation of the Error mean square, where the number of degrees of freedom is reduced by the number of missing values:

$$\text{df (Error)} = (r-1)(c-1) - (\text{No. of Missing Values})$$

The Error mean square is the obtained using this reduced df:

$$S^2 = (\text{Error Sum of Squares})/\text{df(Error)}$$

Separate Data Array per City:

This modification was made to reduce the variance of the Error component, which depends on the variation in trend among the stations in the analysis. If an ANOVA is run using only the data for a single city, the Error component should be fairly small as

all the stations in a city should follow roughly the same trend. But when it is run on the entire data array, the Error variance will be determined by the variation in trend over all the stations in all cities. This variation could be relatively large, since the stations in one city could follow quite a different trend from those in another city.

The procedure followed, to achieve this reduction in the Error component, was:

- obtain substitute values separately for the data in each city;
- carry out a one-way repeated measures ANOVA in each city, and obtain a value for the Error Sum of Squares and df(Error);
- calculate the overall Error variances S^2:

$$S^2 = \frac{\text{Sum of individual Error Sums of Squares}}{\text{Sum of individual df(Error)}}$$

- calculate the annual means over all stations in all cities;
- calculate the standard error of these annual means:

$$S_m = S/p^{1/2}$$

- here the value employed for p was not the total number of stations, but the average number of stations per year for which a value is present in the original data set;
- calculate the critical difference D:

$$D = S_m \times q(k,n;a)$$

where: k = the number of years in the period and a is the confidence level as before; and

n = the number of degrees of freedom for S_m, is equal to the sum of the df(Error) for the individual ANOVAs.

- plot confidence limits of 1/2 D about each annual mean.

In some cases special treatment may be required for particular cities. Two such types of city are:

- Cities with only one station. These cities make no contribution to S^2, as no ANOVA can be run. The missing value formula cannot be employed here, so that if there are

missing values for the substitutes must be obtained by some other means such as linear interpolation.

- Cities with an awkward pattern of missing values. If there are one or more years where all the stations in a city have a missing value, the missing value formula cannot be employed. In these cases some substitutes must be first obtained by other means, to fill in some of the values in these problem years.

References:

1. Pollack, Alison K., William F. Hunt, Jr., and Thomas C. Curran, Analysis of Variance Applied to National Ozone Air Quality Trends 77th Annual Meeting, APCA, San Francisco, (June 24-29, 1984).

2. Snedecor, G.F. and W.G. Cochran, Statistical Methods, 6th edition, Iowa State University Press (1967).

Évolution de la qualité de l'air au Canada en milieu urbain, 1974 à 1983

Rapport SPE 7/UP/1
Octobre 1986

Environment CANADA Environnement
20472151 VOL ISS 1 861000
EXC # 001

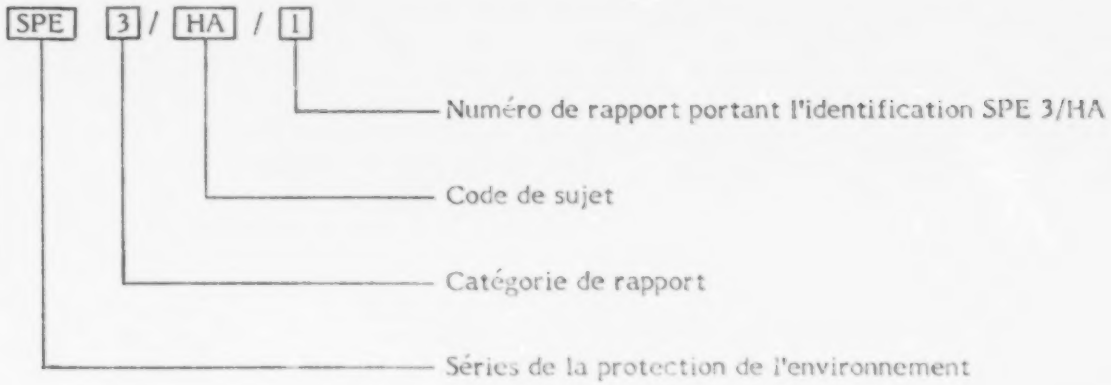
RAPPORT (CANADA. CONSERVATION ET PR >
OTECTION : SPE 7/UP)
00FF

Environnement Canada Environment Canada

Canada

SÉRIES DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Exemple de numérotage:



Catégories

1	Règlements/Lignes directrices/ Codes de procédure
2	Évaluation des problèmes et options de contrôle
3	Recherche et développement technologique
4	Revues de la documentation
5	Relevés
6	Évaluations des impacts sur l'environnement
7	Surveillance
8	Propositions, analyses et énoncés de principes généraux
9	Guides

Sujets

AG	Agriculture
AP	Polluants atmosphériques
AT	Toxicité aquatique
CC	Produits chimiques commerciaux
CE	Consommateurs et l'environnement
FP	Traitement des aliments
HA	Déchets dangereux
IC	Chimie inorganique
MA	Pollution marine
MM	Exploitation minière et traitement des minéraux
NR	Régions du Nord
PF	Papier et fibres
PG	Production de l'électricité
PN	Pétrole et gaz naturel
SP	Déversements de pétrole et de produits chimiques
SRM	Méthodes de référence normalisées
TS	Transports
UP	Pollution urbaine

Sujets et codes additionels sont introduits au besoin. Une liste de rapports du SPE peut être obtenue en s'adressant aux Publications de la protection de l'environnement, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 0E7.

ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR AU CANADA EN MILIEU URBAIN, 1974 À 1983

Tom Furmanczyk
Division de la gestion des inventaires
Direction de la gestion des programmes
Conservation et Protection
Environnement Canada

Rapport SPE 7/UP/1
Octobre 1986

AVIS AU LECTEUR

Les lecteurs intéressés à obtenir de plus amples informations ou qui voudraient faire des observations sur le contenu du présent rapport voudront bien s'adresser au

Chef, Division de la gestion des inventaires
Direction de la gestion des programmes
Conservation et Protection
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0E7

Édition française de
National Urban Air Quality Trends 1974 - 1983
préparée par le Module d'édition française

RÉSUMÉ

Les données sur la qualité de l'air analysées dans ce rapport proviennent du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA). Ce réseau exploite des stations de surveillance dans la plupart des villes canadiennes de plus de 50 000 habitants. Les polluants pris en considération sont l'anhydride sulfureux (ou dioxyde de soufre), le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, l'ozone, les particules en suspension, ainsi que le plomb et nous analysons également la tendance de l'indice de souillure. Nous indiquons ci-dessous l'année à partir de laquelle les données recueillies par le RNSPA sont considérées valables à la grandeur du pays:

Anhydride sulfureux - 1974
Dioxyde d'azote - 1977
Monoxyde de carbone - 1974
Ozone - 1979
Particules en suspension - 1974
Plomb - 1974
Indice de souillure - 1974.

Les données du RNSPA ont été analysées pour déterminer l'orientation dans le temps des teneurs annuelles moyennes pour les polluants d'intérêt et l'indice de souillure et nous les avons aussi comparées aux objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (ONQAA). Ces objectifs comportent trois niveaux de qualité:

1) La *teneur maximale souhaitable* est un objectif à long terme de la qualité de l'air. C'est sur elle que s'appuie toute politique visant à prévenir la dégradation des régions de notre pays non touchées par la pollution. Les divers moyens de lutte contre la pollution atmosphérique doivent tendre à circonscrire la pollution à la teneur maximale souhaitable.

2) La *teneur maximale acceptable* vise à protéger le sol, l'eau, la végétation, les matériaux, les animaux, le mode de vie et le bien-être de la population contre les effets néfastes de la pollution, et à prévenir une réduction de la visibilité.

3) La *teneur maximale admissible* nécessite une action immédiate faute de quoi la pollution atmosphérique pourrait menacer le mode de vie de la population exposée ou à long terme constituer une menace pour la santé. Elle correspond au niveau d'intervention.

Les objectifs fixés pour les polluants correspondent à des teneurs définies pour des périodes définies.

Le lecteur notera que la qualité de l'air échantillonné à une station du RNSPA représente la qualité de l'air dans le voisinage immédiat de la station et pas nécessairement la qualité de l'air de toute la région urbaine. Pour faire des comparaisons de grandeur entre agglomérations, les données de toutes les stations d'échantillonnage d'une ville devraient donc être utilisées et ces données devraient être interprétées selon les particularités propres à l'échantillonnage et à l'emplacement des stations.

Les teneurs moyennes sont exprimées en moyennes arithmétiques, excepté pour les particules en suspension et le plomb, pour lesquels on a utilisé les moyennes géométriques.

Depuis 1974, les résumés annuels du RNSPA ne tiennent compte que des moyennes

ABSTRACT

The air quality data analysed in this report were provided by the National Air Pollution Surveillance (NAPS) monitoring network, which maintains air monitoring stations in most Canadian cities with populations of over 50 000. The periods for which valid national data are available and the pollutants considered are:

Sulfur dioxide, 1974 - present
Nitrogen dioxide, 1977 - present
Carbon monoxide, 1974 - present
Ozone, 1979 - present
Suspended particulate, 1974 - present
Lead, 1974 - present
Soiling index, 1974 - present

Monitoring data have been analyzed to determine trends in national average annual concentrations of these contaminants, and have also been compared with the National Ambient Air Quality Objectives. The NAAQO's define three levels of contaminant concentration:

1) *Maximum Desirable* - defines the long-term goal for air quality which provides a basis for an anti-degradation policy for the unpolluted parts of the country and for the continuing development of control technology;

2) *Maximum Acceptable* - is intended to provide adequate protection against adverse effects on soil, water, vegetation, materials, animals, visibility, personal comfort, and well-being; and

3) *Maximum Tolerable* - denotes a concentration of an air contaminant that requires abatement without delay to avoid further deterioration to an air quality that endangers the prevailing Canadian lifestyle or, ultimately, to an air quality that poses a substantial risk to public health.

These levels are defined for various contaminants at various concentrations for different periods of time.

The NAPS data represent pollution levels at individual sampling sites and may not necessarily represent community-wide air quality. Community-wide comparisons can only be made using data from all available sampling stations within a city, and interpreting these data on the basis of specific sampling and site characteristics.

Mean concentrations have been derived as arithmetic means for all contaminants except suspended particulate matter and particulate lead, were geometric means have been used.

In an effort to compare data that are representative of annual conditions, since completeness criteria were first applied to the NAPS data in 1974, data used for analysis in this report span the period 1974 to 1983.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ		III
ABSTRACT		IV
LISTE DES FIGURES		VII
LISTE DES TABLEAUX		IX
SOMMAIRE		X
1	**INTRODUCTION**	1
1.1	Objet et portée	1
1.2	Programme de surveillance de la qualité de l'air	2
1.3	Objectifs nationaux de qualité d'air ambiant	6
1.4	Méthodes analytiques	7
1.4.1	Test de Wilcoxon	7
1.4.2	Test des comparaisons multiples de Tukey	9
1.4.3	Analyse de l'évolution à long terme	10
1.4.4	Analyse par graphiques rectangulaires (histogramme)	10
1.4.5	Comparaison avec les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (ONQAA)	11
2	**ANHYDRIDE SULFUREUX (SO_2)**	13
2.1	Moyennes annuelles	13
2.2	Teneurs à court terme	16
2.2.1	Maximums sur 24 h	16
2.2.2	Maximums sur 1 h	16
3	**DIOXYDE D'AZOTE**	20
3.1	Moyennes annuelles	20
3.2	Teneurs à court terme	23
3.2.1	Maximums sur 24 h	23
3.2.2	Maximums sur 1 h	23
4	**MONOXYDE DE CARBONE**	25
4.1	Moyennes annuelles	25
4.2	Teneurs à court terme	27
4.2.1	Maximums sur 8 h	27
4.2.2	Maximums sur 1 h	27
5	**OZONE**	31
5.1	Moyennes annuelles	31
5.1.1	Maximums sur 1 h	32
6	**PARTICULES EN SUSPENSION**	35
6.1	Moyennes géométriques annuelles	35

8	**INDICE DE SOUILLURE**	43
9	**INDICE ANNUEL DE LA QUALITÉ DE L'AIR**	46
9.1	Fondement de l'indice de la qualité de l'air	46
9.2	Indices de la qualité de l'air, de 1977 à 1983	46
RÉFÉRENCES		49
ANNEXE A	Évolution de la qualité de l'air au Canada, en régions urbaines, de 1974 à 1983. Tableaux synoptiques	51
ANNEXE B	Évolution des moyennes annuelles des teneurs en polluants: projet de modification de la méthode EPA	69

LISTE DES FIGURES

1	Évolution pour les stations du réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique	3
2	Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (mars 1983)	4
3	Présentation conventionnelle du test des comparaisons multiples de Tukey	9
4	Annotation des teneurs sur diagramme rectangulaire	11
5	Anhydride sulfureux: évolution des moyennes annuelles des stations, de 1974 à 1983	13
6	Anhydride sulfureux: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974 à 1983)	14
7	Anhydride sulfureux: pourcentage de stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1974 à 1983)	17
8	Anhydride sulfureux: moyennes composées des teneurs du 98^{e} percentile (aux limites de confiance de 95 p. 100), pour les stations de catégorie I et l'ensemble des stations	18
9	Dioxyde d'azote: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1977-1983)	21
10	Dioxyde d'azote: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1977-1983)	21
11	Dioxyde d'azote: pourcentage de stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1977-1983)	22
12	Oxydes d'azote: moyennes composées du 98^{e} percentile (aux limites de confiance de 95 p. 100), pour les stations de catégorie I et l'ensemble des stations (1977-1983)	24
13	Monoxyde de carbone: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)	26
14	Monoxyde de carbone: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)	26
15	Monoxyde de carbone: pourcentage des stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant	28
16	Monoxyde de carbone: moyennes composées du 98^{e} percentile des teneurs (aux limites de confiance de 95 p. 100) pour les stations de catégorie I	

18	Évolution de la moyenne annuelle et du 98e percentile des teneurs sur 1 h pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1979-1983)	33
19	Particules en suspension: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)	36
20	Particules en suspension: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)	36
21	Particules en suspension: pourcentage des stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1974-1983)	38
22	Plomb: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)	40
23	Plomb: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)	41
24	Indice de souillure: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)	43
25	Indice de souillure: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)	44
B1	Graphique typique des moyennes annuelles	70

LISTE DES TABLEAUX

1	Stations de la catégorie I du réseau NSPA, au 31 décembre 1983	5
2	Objectifs nationaux de qualité d'air ambiant	7
3	Variations statistiquement significatives des teneurs en polluants atmosphériques d'après les moyennes annuelles des stations du réseau NSPA, au Canada (1974 à 1983)	8
4	Comparaison des relevés pour le monoxyde de carbone	12
5	Anhydride sulfureux: stations ayant enregistré les plus hautes moyennes annuelles au cours des sept dernières années	15
6	Stations où on a observé les plus fortes teneurs en plomb, en 1983	42
7	Indices de la qualité de l'air dans les stations de catégorie I, de 1977 à 1983	48
A1	Anhydride sulfureux: nombre de stations où il y a eu variation de la teneur annuelle moyenne (1974-1983)	53
A2	Anhydride sulfureux: pourcentage de stations dans les intervalles de teneurs définis par les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant	54
A3	Dioxyde d'azote: nombre de stations où il y a eu variation de la teneur annuelle moyenne (1977-1983)	55
A4	Dioxyde d'azote: pourcentage de stations dans les intervalles de teneurs définis par les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1977-1983)	56
A5	Monoxyde de carbone: nombre de stations où il y a eu variation de la teneur annuelle moyenne (1974-1983)	57
A6	Monoxyde de carbone: pourcentage de stations dans les intervalles de teneurs définis par les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1974-1983)	58
A7	Ozone: nombre de stations où il y a eu variation de la teneur annuelle moyenne	59
A8	Ozone: pourcentage de stations dans les intervalles de teneurs définis par les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1979-1983)	60
A9	Particules en suspension: nombre de stations où il y a eu variation de la teneur annuelle moyenne (1974-1983)	61
A10	Particules en suspension: pourcentage de stations dans les intervalles de teneurs définis par les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant	62
A11	Plomb: nombre de stations où il y a eu variation de la teneur annuelle moyenne (1974-1983)	63

SOMMAIRE

Le Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) s'est considérablement étendu depuis son établissement en 1970 et le nombre d'instruments et de stations d'échantillonnage installés est suffisant pour déceler les variations de la qualité de l'air à la grandeur du pays et dans le temps. Nous avons utilisé deux nouvelles techniques d'analyse des données pour étudier les changements à long terme des teneurs en polluants. L'analyse de régression linéaire a servi à déterminer si une tendance nette se dessinait pour la période de 10 ans prise en considération alors que le test des comparaisons multiples de Tukey a été utilisé pour définir si des changements significatifs s'étaient produits entre deux années quelconques de la période analysée.

On peut dire qu'en général la qualité de l'air, au Canada, s'est grandement améliorée entre 1974 et 1983. Notons cependant que la progression semble plus lente au cours des dernières années, à deux exceptions près. On note effectivement une baisse de 28 p. 100 pour les particules en suspension depuis 1979 ainsi qu'une baisse de 36 p. 100 pour le plomb durant la même période.

Anhydride sulfureux. - La teneur annuelle composée a baissé de 30 p. 100 entre 1974 et 1983. Le nombre de stations qui ne dépassaient pas le maximum annuel acceptable fixé par les objectifs nationaux de la qualité d'air ambiant (ONQAA) est passé de 80 p. 100, en 1974, à 95 p. 100, en 1983. En 1983, 86 p. 100 des stations enregistraient une teneur maximale sur 24 heures conforme à la limite établie et 90 p. 100 des stations enregistraient une teneur maximale sur 1 heure également conforme aux ONQAA. Le pourcentage de stations où le maximum acceptable n'a pas été dépassé s'est maintenu entre 80 et 90 p. 100 pour toute la période considérée.

Dioxyde d'azote. - Les données sur le dioxyde d'azote n'ont été jugées représentatives qu'à partir de 1977. En 1983, la teneur moyenne annuelle composée avait baissé de 29 p. 100 comparativement à 1977. Une seule station a dépassé le maximum acceptable recherché par les objectifs nationaux entre 1977 et 1983, et cela remonte à 1977. Le maximum acceptable sur 24 heures a été dépassé dans 8 p. 100 des stations, en 1983, alors que le maximum acceptable sur 1 heure l'a été dans 4 p. 100 des cas. Le pourcentage

pourcentage de stations qui dépassaient la teneur acceptable sur 8 heures fixée par les ONQAA est progressivement passé de 29 p. 100 en 1974, à 4 p. 100 seulement en 1983. Pour la teneur maximale acceptable sur 1 heure, 2 p. 100 des stations ne répondaient pas aux objectifs en 1978 contre 8 p. 100 en 1981 et 4 p. 100 en 1983.

Ozone. - Ce n'est qu'à partir de 1979 que l'on a recueilli des données vraiment complètes sur l'ozone; la teneur moyenne annuelle composée s'est maintenue à 16 parties par milliard (ppb) alors que la teneur maximale annuelle visée par les ONQAA est de 15 ppb. En 1979, 50 p. 100 des stations enregistraient un maximum annuel acceptable supérieur à l'objectif mais la situation s'est détériorée par après puisque 60 p. 100 des stations ne parvenaient pas à rencontrer l'objectif en 1983. Il y a eu par contre une amélioration de la teneur acceptable sur 1 heure; en effet, le nombre de stations ayant dépassé la teneur fixée par les ONQAA est passé de 82 p. 100 en 1979, à 66 p. 100, en 1983. La formation d'ozone étant un phénomène épisodique, l'objectif sur 1 heure est celui qui prime.

Particules en suspension. - La teneur moyenne annuelle composée accuse une baisse appréciable de 40 p. 100 entre 1974 et 1983. En 1974, la quasi moitié des stations du réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique ont dépassé la teneur annuelle acceptable fixée par les ONQAA. L'amélioration a été particulièrement marquée depuis 1979-1980 et le nombre de stations où la teneur en particules en suspension dépasse la teneur fixée par l'objectif est tombé à 10 p. 100 en 1983.

Particules de plomb. - La teneur moyenne annuelle composée a chuté de 60 p. 100 entre 1974 et 1983. La baisse a été progressive et on s'attend à ce qu'elle se poursuive en raison de l'abandon graduel de l'essence au plomb.

Indice de souillure. - La valeur annuelle moyenne de cet indice indique une baisse de 25 p. 100 par rapport à l'indice annuel moyen calculé pour 1974. Les indices en cohs ont été relativement stables entre 1975 et 1979. La baisse la plus accentuée s'est produite entre 1974 et 1975.

Si l'on prend les moyennes composées des divers polluants calculées pour l'ensemble des stations et les stations de catégorie I* pour la période considérée (voir à ce sujet les deux rapports précédents), il ne fait aucun doute que ces dernières constituent un échantillon national représentatif de la teneur en polluants et des tendances.

L'indice national de la qualité de l'air, calculé pour toutes les stations de catégorie I

Canada. En 1983, la majorité des stations ont obtenu une cote "Passable", tout comme cela avait été le cas les années précédentes. Par contre, neuf stations obtenaient la cote "Bon", une amélioration par rapport à 1981 puisque trois stations seulement avaient alors mérité cette cote. À noter également que contrairement aux années précédentes, aucune station ne s'est vue attribuer la cote "Mauvais" en 1983.

1 INTRODUCTION

1.1 Objet et portée

Le présent rapport est le cinquième (1, 2, 3, 5) publié par Environnement Canada sur l'évolution de la qualité de l'air au Canada. Son objet est de résumer et d'interpréter les données recueillies entre 1974 et 1983 par le réseau NSPA (4) et de mettre en lumière les variations importantes que révèlent les analyses statistiques et autres.

Le programme de Surveillance nationale de la pollution atmosphérique a été mis sur pied en janvier 1970 afin de constituer une base nationale de données permettant de déterminer la qualité de l'air dans les principaux centres urbains du Canada. Nous avons, grâce aux données du RNSPA, recueilli des renseignements précieux sur les effets des changements liés aux activités industrielles, à l'utilisation des combustibles et des carburants, à la densité démographique, au recours accru aux dispositifs antipollution et d'autres facteurs. Des stations de surveillance sont implantées dans la plupart des villes canadiennes de plus de 50 000 habitants. Les instruments sont habituellement situés dans des endroits où la pollution atmosphérique pourrait être excessive et où un grand nombre de personnes pourraient être incommodées. On appelle station de surveillance l'endroit où sont installés les instruments. Chaque station est classée en fonction du zonage: C désignant une zone commerciale, R, une zone résidentielle et I, une zone industrielle.

Les stations sont de plus réparties en deux catégories. Le réseau de stations de catégorie I constitue le réseau national permanent de stations chargé de la surveillance à long terme. Les emplacements ont été choisis de façon à représenter les régions fortement peuplées, exposées aux conditions dominantes de la qualité de l'air. Les stations de catégorie II peuvent être exploitées à plus court terme, durant les périodes et dans les endroits où le besoin d'une surveillance a été démontré. Elles servent à contrôler des polluants, mais pas nécessairement les sources d'émission.

On ne peut évidemment établir de comparaison entre les différentes stations sans tenir compte de leur catégorie. Il faut être prudent même lorsqu'on compare la pollution mesurée dans des stations de même catégorie ou de même type, mais situées dans des

déterminé grâce à l'indice de souillure exprimé en cohs (*coefficient of haze*). On mesure aussi les retombées de poussières et la vitesse de formation des sulfates, mais les résultats ne sont pas analysés dans le présent rapport.

Étant donné la masse des données obtenues par le réseau, on a ressenti le besoin de créer un indice unique de la qualité de l'air qui pourrait servir à la modélisation socio-économique, à la détermination des tendances de la qualité de l'air et à des comparaisons sommaires de la qualité de l'air entre différentes régions urbaines. Des lignes directrices ont été publiées en 1980 par Environnement Canada, au nom du Comité fédéral-provincial de la pollution de l'air, en vue de l'établissement d'un indice annuel de la qualité de l'air (6). Cet indice se fonde sur les objectifs nationaux afférents à la qualité d'air ambiant (7) et repose sur l'hypothèse qu'aux teneurs établies comme objectifs chaque polluant atmosphérique possède la même importance que les autres en ce qui concerne son rôle d'indicateur de la qualité de l'air.

Depuis 1974, les extraits annuels du réseau ne mentionnent pas les moyennes annuelles d'un polluant dans le cas des stations qui ne satisfont pas aux critères de complétude des données. Ainsi, on ne calcule pas les moyennes annuelles ou mensuelles de SO_2, de NO_2, de O_3, de CO et de l'indice de souillure à moins qu'on ne possède, pour la période d'intérêt, les résultats d'au moins 50 p. 100 des observations horaires. En outre, on ne calcule pas la moyenne annuelle à moins de connaître les moyennes mensuelles d'au moins deux mois de chaque trimestre. En ce qui concerne les PS et le plomb, on ne communique pas la moyenne mensuelle à moins de posséder au moins trois échantillons pour le mois. Quant à la moyenne géométrique annuelle, elle exige au moins 40 échantillons dans l'année et au moins huit échantillons valides à chaque trimestre.

1.2 Programme de surveillance de la qualité de l'air

Lors de sa création, en janvier 1970, le réseau NSPA comptait 40 instruments de surveillance répartis dans 14 villes, pour mesurer le SO_2, les PS, le plomb et l'indice de souillure. En décembre 1983, il s'étendait à 53 villes du Canada et comptait environ 400 instruments. À la liste des polluants surveillés s'étaient ajoutés CO, NO_2 et O_3*. La figure 1 donne une idée de l'expansion du réseau. La figure 2 montre les villes où sont installés les instruments. Dans le tableau 1, on trouve la liste des stations de catégorie I

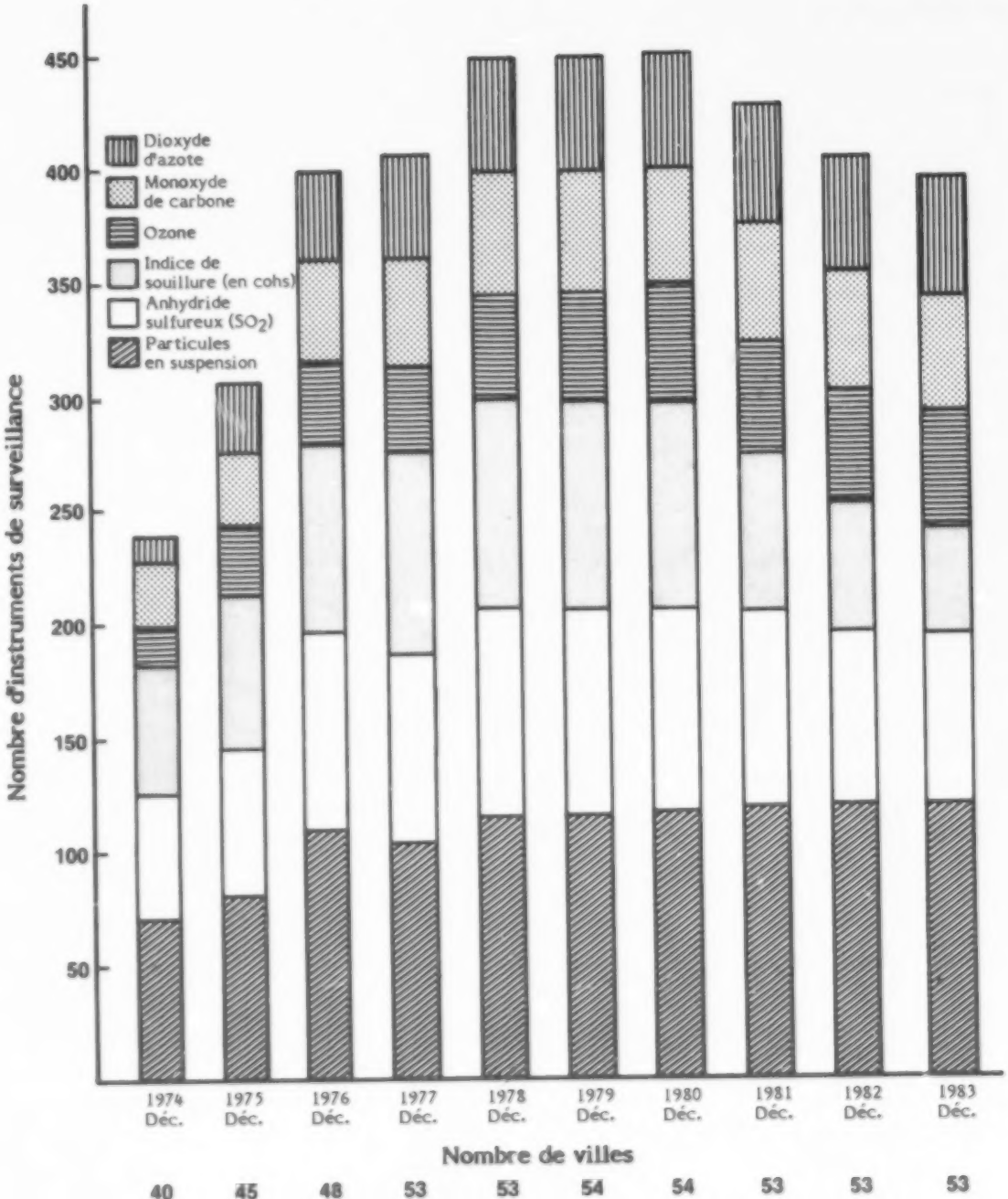

Nombre d'instruments de surveillance
450
400
350
300
250
200
150
100
50
Dioxyde d'azote
Monoxyde de carbone
Ozone
Indice de souillure (en cohs)
Anhydride sulfureux (SO_2)
Particules en suspension
1974 Déc.
1975 Déc.
1976 Déc.
1977 Déc.
1978 Déc.
1979 Déc.
1980 Déc.
1981 Déc.
1982 Déc.
1983 Déc.
Nombre de villes
40
45
48
53
53
54
54
53
53
53

FIGURE 2 ***Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (mars 1983)***

Tableau 1
Stations de la catégorie I du réseau NSPA, au 31 décembre 1983

Ville	Station	Emplacement	Observations
Terre-Neuve			
Saint-Jean	10101C	Duckworth et Ordinance	Pas d'instruments de surveillance du O_3 ou NO_2
Nouvelle-Écosse			
Halifax	30116C	Barrington et Duke	Échantillonneur à grand débit à la station 30101C
Nouveau-Brunswick			
Saint-Jean	40202C	Bureau de poste	Échantillonneur à grand débit à la station 40201C
Québec			
Montréal	50115C	Metcalfe et Maisonneuve	
	50116R	3161, Joseph, Verdun	
	50102R	Jardin botanique	Sans app. à indice de souillure
	50109C	Duncan et Décarie	
	50112C	Boul. des Laurentides	Sans app. à indice de souillure
	50110C	Parc Pilon, Montréal-Nord	
	50119R	1700, Bourassa, Longueuil	Sans app. à indice de souillure
Hull		Gamelin et Joffre	Sans app. à O_3
Québec		325, Dorchester	Sans app. à indice de souillure
Ontario			
Ottawa	60101C	88, rue Slater	
	60104R	Rideau et Wurtemburg	Sans app. à CO
Windsor	60204C	471, University Ave.	
Toronto	60417C	26, Breadalbane Street	
	60412R	Bathurst et Wilson	Sans app. à O_3
	60410R	Lawrence et Kennedy	
	60415R	Queensway W. et Hurontario	Sans app. à indice de souillure
	60402R	Don Mills, Science Centre	Sans app. à indice de souillure
	60413R	Elmcrest Road	
Hamilton	60501C	Barton et Sanford	
London	60901C	King et Rectory	
St. Catharines	61301C	North et Geneva	
Kitchener	61501C	Edna et Frederick	Sans app. à indice de souillure

Tableau 1 (suite)

Ville	Station	Emplacement	Observations
Manitoba			
Winnipeg	70119C	65, rue Ellen	
	70118R	Jefferson et Scotia	
Saskatchewan			
Regina	80109C	1620, Albert Street	Sans app. à indice de souillure
Alberta			
Edmonton	90130C	10255, 104th Street	Sans app. à SO_2
	90122R	127th Street - 133rd Ave.	Sans app. à SO_2
Calgary	90227C	1611 - 4th Street S.W.	Échantillonneur à grand débit à la station 90204C
	90222R	39th Street - 29th Avenue N.W.	Sans app. à SO_2
Colombie-Britannique			
Vancouver	00112C	Robson et Hornby	Échantillonneur à grand débit à la station 00109C
	00106R	2294 West 10th Ave.	
	00108I	250 West 70th Ave.	Sans app. à SO_2
	00110R	E. Hastings et Kensington	
	00111I	Parc Rocky Pt.	
Victoria	00303C	1250 Quadra Street	

leur emplacement et quelques observations à leur égard. Ces stations seront en mesure de surveiller tous les paramètres de la qualité de l'air ainsi que l'indice de souillure lorsqu'elles seront complètement équipées. La plupart des stations sont situées dans les centres-villes ou dans des quartiers résidentiels importants où la qualité de l'air est susceptible d'être la plus détériorée, ce qui correspond aux critères de sélection des emplacements.

1.3 Objectifs nationaux de qualité d'air ambiant

Ces objectifs servent à orienter la lutte contre les effets nuisibles de la pollution atmosphérique (7).

- ils aident à établir les priorités de la réduction des teneurs en polluants et l'importance des mesures à prendre.
- ils servent d'étalon pour évaluer la qualité de l'air dans toutes les régions du Canada;

- ils servent à déterminer le besoin de programmes de surveillance ainsi que l'ampleur de ces derniers.

La *teneur maximale acceptable* vise à protéger le sol, l'eau, la végétation, les matériaux, les animaux, la qualité de vie et le bien-être de la population contre les effets de la pollution, et à éviter une réduction de la visibilité. La *teneur maximale souhaitable* précise l'objectif à long terme de la qualité de l'air et sert de fondement à une politique visant à protéger les régions non polluées du pays contre la détérioration de la qualité de l'air. La *teneur maximale admissible* indique les teneurs en polluants atmosphériques qui exigent une riposte immédiate pour empêcher que la détérioration de la qualité de l'air ne menace le mode de vie des Canadiens ou qu'elle ne constitue à la longue une menace sérieuse pour la santé. Le tableau 2 donne les teneurs souhaitables, acceptables et admissibles des polluants et les conditions qui intéressent la présente analyse.

Tableau 2
Objectifs nationaux de qualité d'air ambiant*

Polluant	Période	Teneur maximale souhaitable	Teneur maximale acceptable	Teneur maximale admissible
Anhydride sulfureux	1 an	11 ppb	23 ppb	-
	24 h	57 ppb	115 ppb	306 ppb
	1 h	172 ppb	344 ppb	-
Particules en suspension	1 an	60 $\mu g/m^3$	70 $\mu g/m^3$	-
	24 h	-	120 $\mu g/m^3$	400 $\mu g/m^3$
Ozone	1 an	-	15 ppb	-
	1 h	50 ppb	80 ppb	153 ppb
Monoxyde de carbone	8 h	5 ppm	13 ppm	17 ppm
	1 h	13 ppm	31 ppm	-
Dioxyde d'azote	1 an	32 ppb	53 ppb	-
	24 h	-	106 ppb	160
	1 h	-	213 ppb	532 ppb

* Pour la conversion des $\mu g/m^3$ en ppm ou en ppb, on pose la température et la pression égales à 25 °C et à 101,4 kPa respectivement.

1.4 Méthodes analytiques

1.4.1 Test de Wilcoxon. - Il s'agit d'un test non paramétrique, très efficace, qui a fait l'objet d'une description détaillée dans un rapport antérieur (2). Il permet de mesurer

l'écart entre deux observations appariées et d'en évaluer l'orientation. En raison du nombre de plus en plus élevé de stations où on mesure chaque polluant, on y a eu recours pour établir s'il y a eu baisse ou hausse statistique importante des teneurs moyennes annuelles d'un polluant dans toutes les stations de surveillance au Canada, au cours de deux années consécutives.

Pour chaque station, on compare les moyennes annuelles d'un polluant de deux années consécutives. Il faut apparier les données de ces deux années consécutives. On note ainsi la valeur de la hausse ou de la baisse. Grâce au test, on pourra déterminer si, dans le cas où il y a eu une forte proportion de stations où il y a eu augmentation, cette dernière a été significative ou non. L'intervalle de confiance est de 95 p. 100. Le tableau 3 montre l'allure de l'évolution de chaque polluant, de 1974 à 1983.

Tableau 3
Variations statistiquement significatives des teneurs en polluants atmosphériques d'après les moyennes annuelles des stations du réseau NSPA au Canada, de 1974 à 1983

Polluant	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	83-84
Anhydride sulfureux	→	↓	→	→	↓	→	→	↓	→	→
Dioxyde d'azote	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	→	↓	→	→	→	↓
Monoxyde de carbone	↓	↓	→	→	→	→	↓	→	↓	→
Ozone	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	→	→	↓	↑	→
Particules en suspension	→	↓	→	↓	→	↑	↑	↓	↓	↓
Plomb	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→	↓	↓
Indice de souillure	→	→	→	→	→	→	↓	↑	→	↓

↑ = Hausse statistiquement importante
↓ = Baisse statistiquement importante
→ = Aucun changement statistique important
S.O. = Sans objet, polluant non surveillé ou résultats considérés comme n'étant pas dignes de confiance.

Le test de Wilcoxon a aussi servi à déterminer si l'évolution de la qualité de l'air était équivalante, aux stations de catégorie I et dans l'ensemble des stations, sur la foi des

données de 1980-1981. Comme ont permis de le constater les rapports antérieurs (3, 5), l'évolution à court terme est généralement la même dans les deux groupes de stations.

1.4.2 Test des comparaisons multiples de Tukey. - Ce test repose simplement sur la ligne de la tendance constituée des moyennes composées et de leur intervalle de confiance à 95 p. 100. Cet intervalle est suffisamment étendu pour qu'on compare deux années quelconques de la période analysée. Lorsque les intervalles de confiance ne se recouvrent pas, la variation entre les années est significative. Dans ce test, les intervalles de confiance sont suffisamment étendus pour qu'on compare les moyennes (annuelles) maximale et minimale d'une période avec seulement un risque de 5 p. 100 qu'un changement ne soit pas réellement significatif. Ce n'est pas le cas du test de Wilcoxon, qui permet de mesurer un changement significatif seulement entre deux années consécutives.

Les intervalles de confiance se calculent grâce à une analyse de variance de la teneur (moyenne ou au 98^{e} percentile) qui nous intéresse pour chaque polluant à chaque station durant toutes les années de l'étude. La figure 3 donne un exemple de tracé conventionnel. Une explication plus détaillée de la méthode se trouve dans l'Annexe B.

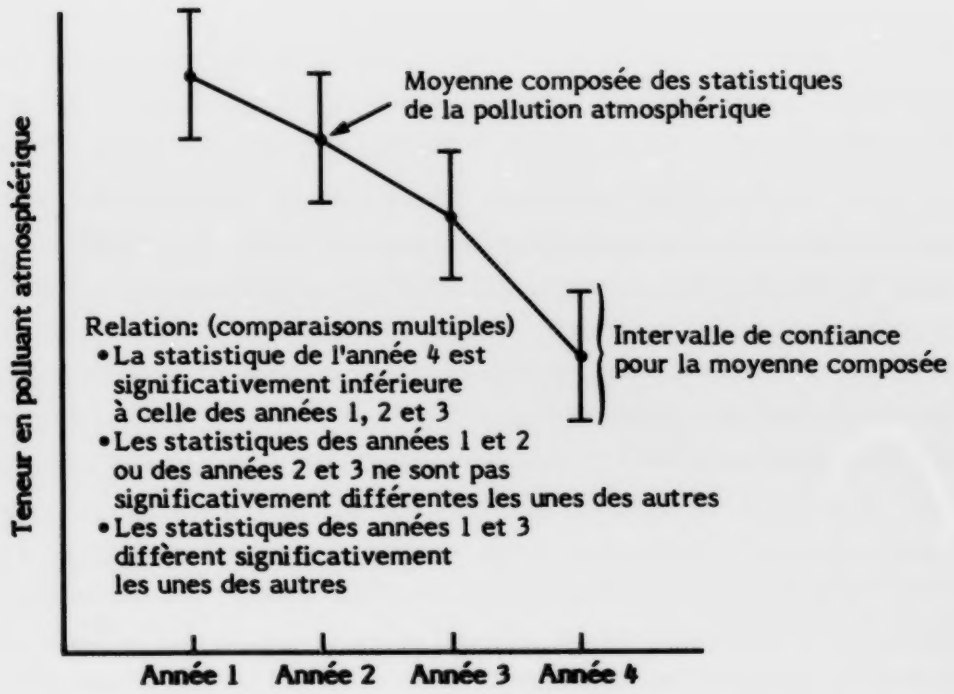


FIGURE 3 Présentation conventionnelle du test des comparaisons multiples de Tukey

Les tests de Wilcoxon et de Tukey tiennent compte de l'incertitude due à la variation des échantillonnages de même que de toute modification des teneurs en polluants atmosphériques qui peuvent être dues à la sensibilité des instruments. Pour des raisons théoriques, le test de Wilcoxon s'applique généralement à des paires d'années consécutives et ne permet pas la comparaison des moyennes des premières et des dernières années d'une période; il est plus sensible à court terme, mais celui de Tukey est plus efficace pour analyser les écarts entres toutes les années d'une période.

1.4.3 Analyse de l'évolution à long terme. - Les tests de Wilcoxon et de Tukey sont destinés à la comparaison de la moyenne d'une année et de la moyenne d'une autre. Aucun d'eux ne permet de déterminer si l'évolution à long terme durant la période est significative. À cette fin, on a soumis les moyennes de la période 1975 à 1983 à une analyse de régression linéaire pour déterminer si la pente de la droite était significativement supérieure ou inférieure à zéro. Les résultats montrent que la tendance à la décroissance des indicateurs suivants de la pollution était significative au niveau de confiance de 99 p. 100. Le 98^{e} percentile de la teneur annuelle moyenne en CO, sur 8 heures, était de 0,19 ppm; la moyenne annuelle pour les particules de plomb est de 0,05 $\mu g/m^3$, et s'établit à 0,09 ppb pour le NO, et à 0,11 ppb pour le SO_2. Les résultats indiquent que pour les particules en suspension et l'indice de souillure, la baisse annuelle moyenne était de 1,46 $\mu g/m^3$ et 0,005 unité coh respectivement, et qu'elle était significative au niveau de confiance de 95 p. 100. De 1979 à 1983, seul le 98^{e} percentile de la teneur en ozone sur 1 h n'a pas changé de façon significative.

1.4.4 Analyse par graphiques rectangulaires (histogramme). - Il s'agit d'une technique de type exploratoire dont l'objet est de montrer la répartition des moyennes annuelles calculées pour les divers polluants. La convention est exposée à la figure 4. Pour un polluant donné, les moyennes annuelles (ou géométriques, dans le cas des particules en suspension et du plomb) sont groupées et classées*, dans le cas de toutes les stations. Les percentiles indiquent le pourcentage de stations où les moyennes annuelles des teneurs sont inférieures à certaines teneurs déterminées.

---

* La variation du nombre de stations, d'une année à l'autre, pourrait entacher d'erreur la moyenne ou les percentiles annuels et ainsi masquer les tendances réelles. C'est pourquoi on a calculé ces paramètres avec les données de *l'ensemble des stations* et des stations de la catégorie I. On a constaté que les résultats et l'évolution qui s'en dégagent étaient semblables. Par conséquent, comme l'ensemble du réseau NSPA fournit un échantillon national plus représentatif, nous avons continué à analyser les données de l'ensemble des stations.

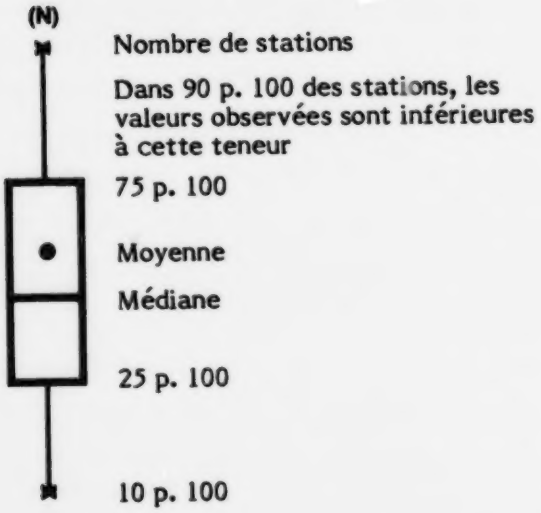


FIGURE 4 *Annotation des teneurs sur diagramme rectangulaire*

Outre les percentiles (10^{e}, 25^{e}, 50^{e}, 75^{e} et 90^{e}), on indique la moyenne annuelle du polluant pour toutes les stations en une année donnée. On peut donc analyser séparément les tendances annuelles dans les stations les moins polluées (du 10^{e} au 25^{e} percentiles), moyennement polluées (moyenne, médiane, 50^{e} percentile) et les plus polluées (75^{e} et 90^{e} percentiles). (Voir en annexe le tableau synoptique de l'évolution de la qualité de l'air en régions urbaines au Canada, de 1974 à 1983.)

1.4.5 Comparaison avec les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (ONQAA). - Il existe un troisième type d'analyse qui se fonde sur le pourcentage de stations où la pollution mesurée est égale ou supérieure aux ONQAA, en certaines années. Ce type d'analyse est assez rudimentaire, puisqu'il ne tient pas compte des écarts à l'intérieur de certains intervalles. Par exemple, il se peut fort bien que dans toutes les stations qui calculent la moyenne annuelle d'un polluant donné, on constate une baisse d'une année à l'autre. Cependant, s'il advenait qu'aucune des moyennes annuelles ne descende en deçà d'un certain objectif, ce type d'analyse n'indiquerait aucun changement. Il faut donc faire attention quand on compare des teneurs supérieures aux objectifs de qualité à court terme (1 h, 8 h, 24 h). Il suffit qu'une seule mesure dépasse le maximum, que celui-ci soit souhaitable, acceptable ou admissible, ne serait-ce qu'une mesure sur plusieurs milliers, pour qu'il y ait dépassement de l'objectif donné. On remarquera que, dans le tableau 4, le

maximum souhaitable sur 1 h du monoxyde de carbone (13 ppm) a été dépassé dans cinq stations de Toronto et que le maximum acceptable (31 ppm) l'a été dans l'une d'elles.

Si on compare les stations 60416C et 60401C, environ 4,0 p. 100 des observations dans la première dépassent la teneur souhaitable, contre 0,4 p. 100 des observations dans la seconde. Ce type d'analyse tend à localiser les problèmes potentiels de qualité. Il sert donc davantage à étayer les deux autres types d'analyse. Comme dans le cas de l'analyse par graphiques rectangulaires, toutes les stations servent au calcul du pourcentage de celles où la pollution mesurée est à l'intérieur des limites des ONQAA ou les excède.

Tableau 4
Comparaison des relevés pour le monoxyde de carbone

Station	Emplacement	Teneur moyenne en CO sur 1 h (1981)		Total des observations
		>Souhaitable	>Acceptable	
60401C	67 College Street	14	0	3476
60402R	Don Mills, Science Cntr.	0	0	8105
60403I	Evans and Arnold	0	0	8387
60410R	Lawrence and Kennedy	1	0	8450
60412R	Bathurst and Wilson	1	0	8516
60413R	Elmcrest Road	0	0	7149
60414I	Sherbourne and Wilton St.	0	0	8299
60415R	Queensway W. and Hurontario	8	0	8607
60416C	381 Yonge Street	293	17	8481
60417C	26 Breadalbane	0	0	4297

2 ANHYDRIDE SULFUREUX (SO_2)

Le SO_2 est un gaz incolore qui se trouve normalement dans l'atmosphère urbaine à des teneurs trop faibles pour que son odeur soit perceptible. Il est surtout libéré par l'industrie du cuivre et du nickel de première fusion, l'utilisation des combustibles soufrés, le traitement du gaz naturel, le traitement du minerai de fer et le raffinage du pétrole (13). Même si les objectifs de qualité de l'air pour ce polluant ont été établis d'après sa toxicité pour l'homme et ses effets sur les végétaux et les matériaux, les effets secondaires dus au rôle de ce polluant dans la formation des pluies acides sont aussi préoccupants.

2.1 Moyennes annuelles

La moyenne composée des moyennes annuelles observées par le réseau NSPA est passée de 16 ppb en 1974 à 11 ppb en 1981. (V. fig. 5 et l'annexe A.) Ces dernières années, les moyennes annuelles ont peu varié, mais on peut constater une baisse substantielle du

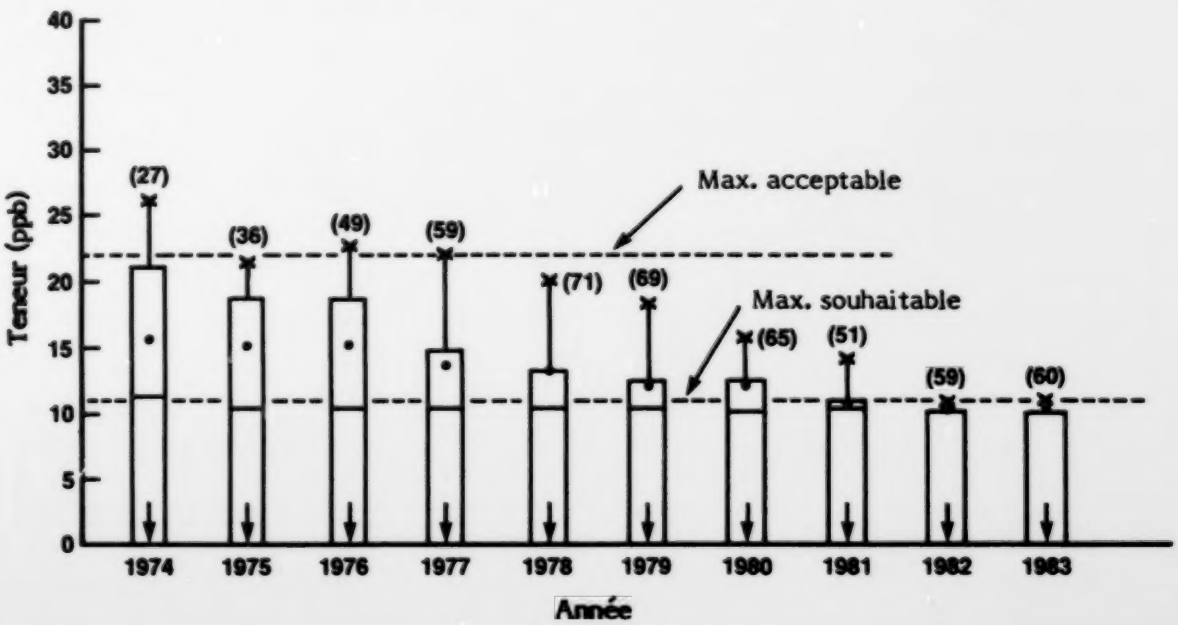


FIGURE 5 *Anhydride sulfureux: évolution des moyennes annuelles des stations de 1974 à 1983*

90e percentile. D'après le test de Wilcoxon appliqué aux moyennes annuelles des stations, des baisses significatives ont eu lieu en 1974-1975, en 1977-1978 et en 1980-1981 (tableau 3). Le tableau A1 de l'Annexe A donne le nombre de stations appariées où la moyenne arithmétique annuelle a changé d'une année à la suivante. On compte, pour les dernières années, un nombre grandissant de stations stables appariées.

Dans la figure 6 on montre l'évolution des moyennes annuelles composées pour l'ensemble des stations et les stations de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (tirées du test de Tukey). On constate que, pour les deux groupes de stations, l'évolution est généralement la même. Cependant, pour l'ensemble des stations, on constate beaucoup d'écarts significatifs (cas où les intervalles de confiance ne chevauchent pas) entre les années, par exemple entre 1983 et les années antérieures à 1978, tandis que pour les stations de catégorie I, on ne constate rien de tel (fig. 6). Il faut cependant se rappeler que le nombre de stations influe sur l'étendue des limites de confiance.

Ces dernières années, plus de 90 p. 100 des stations ont signalé des valeurs annuelles moyennes inférieures au maximum acceptable. De 1974 à 1983, le nombre de stations où le maximum souhaitable a été respecté a sans cesse augmenté. Dans le tableau 5, on

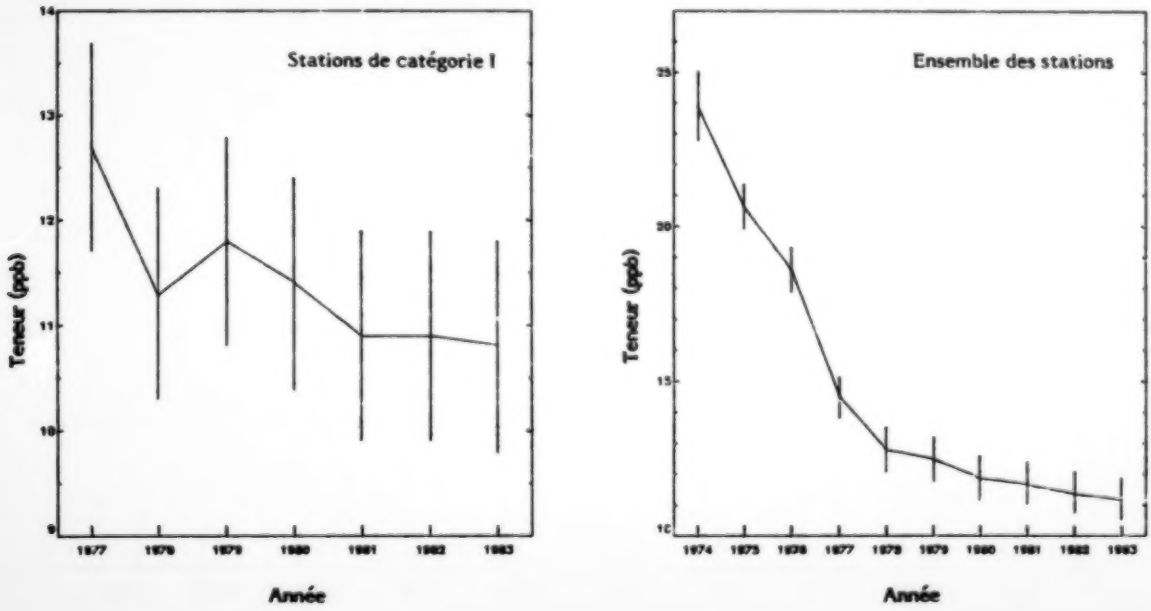


FIGURE 6 ***Anhydride sulfureux: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974 à 1983)***

donne le pourcentage de stations qui se trouvent dans les divers intervalles de teneurs définis par les objectifs annuels pour les années 1974 à 1983. La figure 6 donne aussi le pourcentage de stations où les objectifs n'ont pas été respectés. Dans les deux cas, l'amélioration est évidente.

Même si, dans l'ensemble, les moyennes de toutes les stations établies selon les critères du réseau NSPA se comparent favorablement aux objectifs, il subsiste des stations où le maximum acceptable de 23 ppb est dépassé. Les stations où on a observé des teneurs maximales au cours des sept dernières années sont énumérées dans le tableau 5. On constate à sa lecture que l'amélioration des pires stations est plutôt spectaculaire, notamment aux stations 60606C de Sudbury et 50115C de Montréal, où les moyennes annuelles, autrefois supérieures au maximum acceptable, sont maintenant inférieures au maximum souhaitable.

Tableau 5
Anhydride sulfureux: stations ayant enregistré les plus hautes moyennes annuelles au cours des sept dernières années

Ville	N° de station	Moyennes annuelles (ppb)						
		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Québec	(50303I)	43	20	25	19	---	---	34
	(50304C)	26	15	18	14	14	23	22
Baie-Comeau	(51301R)	NM	36	20	20	21	20	---
Shawinigan	(51201I)	NM	26	--	15	17	12	---
Trois-Rivières	(50801R)	23	22	16	12	14	---	---
Montréal	(50104C)	19	18	17	16	16	12	10
	(50105C)	36	28	25	20	16	---	---
	(50115C)	NM	27	27	35	---	---	10
	(50103R)	21	28	19	---	23	20	14
Sudbury	(60606C)	23	13	11	13	10	10	10
	(60602R)	15	12	12	16	10	10	10
Windsor	(60204C)	22	18	13	11	12	10	10
	(60211R)	15	15	18	10	10	10	10
Hamilton	(60501)	23	16	17	13	10	14	14

---: Données insuffisantes pour le calcul d'une moyenne valide.
NM: Nom mesurée.

2.2 Teneurs à court terme

2.2.1 Maximums sur 24 h. - Entre 1977 et 1983, il y a eu modification de la distribution de fréquence des teneurs moyennes en anhydride sulfureux sur 24 h (Annexe A et figure 7), le pourcentage de stations où les teneurs étaient supérieures au maximum souhaitable ayant passé de 40 à 20 p. 100. Cependant, le nombre de stations où les teneurs sont supérieures au maximum admissible sur 24 h a légèrement augmenté. Le nombre de moyennes annuelles valides est passé de 55 en 1974 à 92 en 1978 puis à 78 en 1983; ce nombre influe sur la distribution de fréquence.

Le maximum admissible n'a été dépassé qu'en deux stations entre 1974 et 1981: à la station du Centre de loisirs de Limoilou (50303I) et à la station 51301R de Baie-Comeau. En 1983, trois stations n'ont pas respecté l'objectif admissible soit les deux stations que nous venons de mentionner et la station 50601C de Rouyn-Noranda. Ces stations sont situées près de foyers domestiques, commerciaux et publics. Il est à noter que le dépassement d'une limite observé au cours d'une seule journée peut être le fait de facteurs météorologiques comme une inversion de température, la vitesse et la direction du vent, etc. La plupart des stations (93 p. 100 en 1980 et 86 p. 100 en 1983) ont enregistré des teneurs se situant dans l'intervalle acceptable sur 24 h.

D'après les figures 7a et b (98^{e} percentile), nous pouvons constater (au niveau de confiance de 95 p. 100) une amélioration significative entre les premières années et les dernières années de la période, tant dans les stations de catégorie I que dans l'ensemble du réseau. Les diminutions plus significatives d'une année à l'autre sont attribuables à l'abaissement des valeurs extrêmes (90^{e} percentile) plus rapide. (V. fig. 6.)

2.2.2 Maximums sur 1 heure. - Les teneurs maximales sur 1 h analysées en regard des objectifs n'ont pas beaucoup changé de 1974 à 1981, si l'on excepte une baisse du pourcentage de stations où le maximum souhaitable n'a pas été respecté (figure 7 et tableau A2). En 1974, le maximum acceptable de 340 ppb a été respecté dans 87 p. 100 des stations, comparativement à 90 p. 100 en 1983. Le maximum acceptable sur 1 h a été dépassé en 1983 à Shawinigan, Québec, Rouyn, Baie-Comeau, Toronto et Sudbury. Trois villes ont enregistré des teneurs particulièrement élevées: Sudbury (920 ppb), Québec (860 ppb) et Rouyn (820 ppb). Les sources ponctuelles industrielles contribuent notablement aux teneurs en anhydride sulfureux ambiant dans ces stations.

Depuis le dernier rapport sur l'évolution de la pollution atmosphérique, une amélioration est notée. Moins de villes en effet ne respectent pas le maximum souhaitable. À la lecture de la figure 8, force est de constater que le 98^{e} percentile des

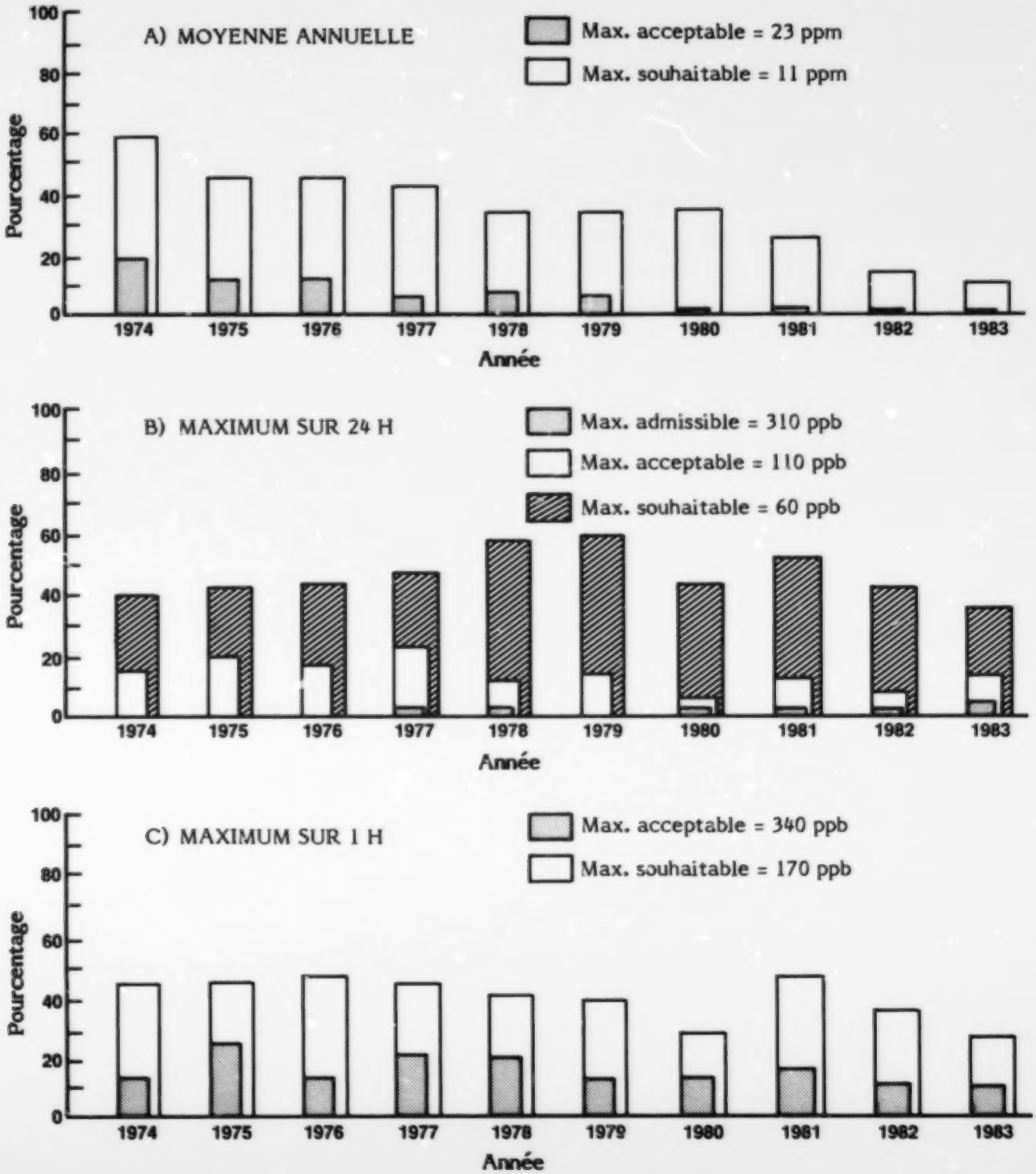


Figure 7 *Anhydride sulfureux: pourcentage de stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1974-1983)*

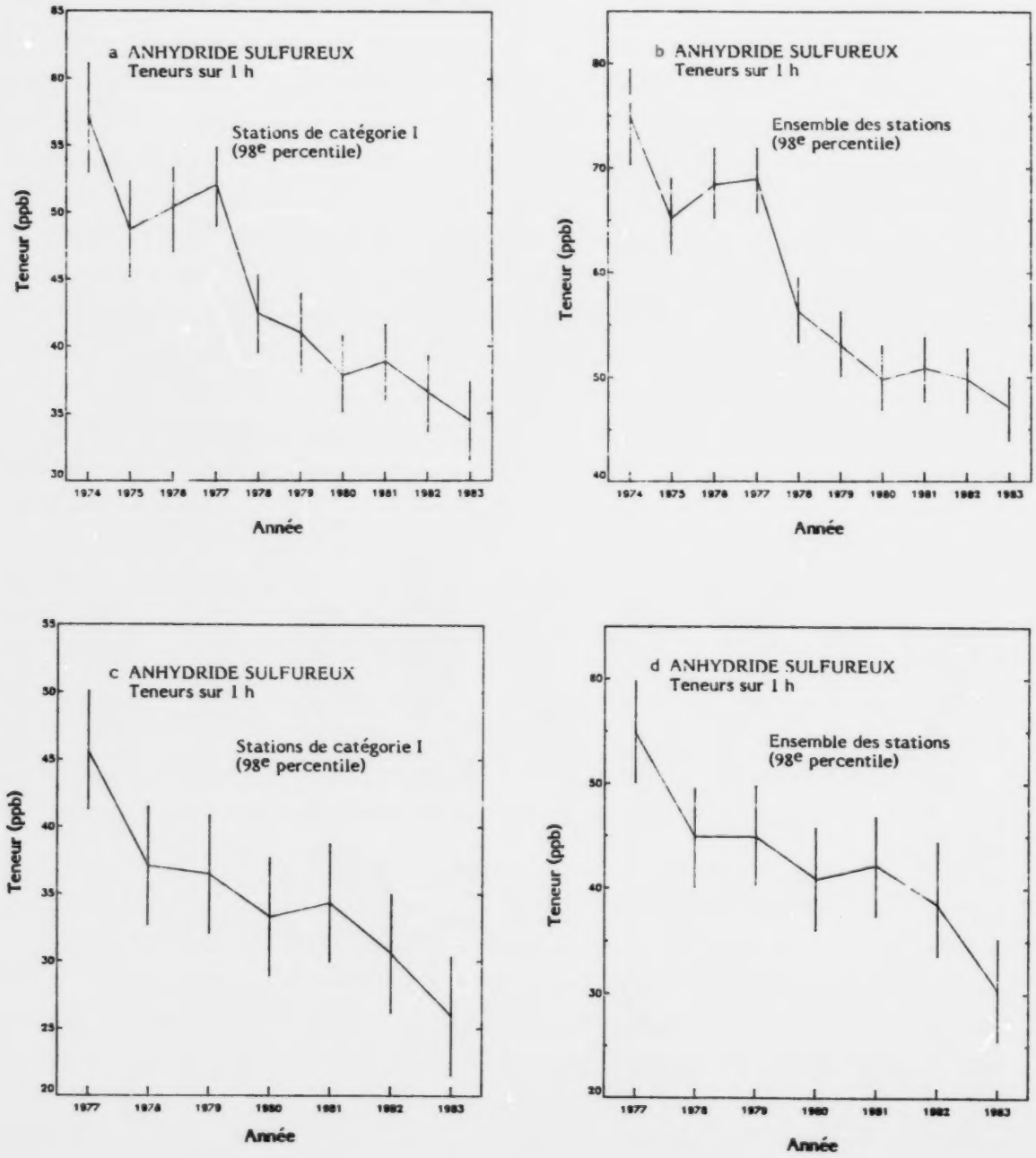


Figure 8 ***Anhydride sulfureux: moyennes composées des teneurs du 98e percentile (aux limites de confiance de 95 p. 100), pour les stations de catégorie I et l'ensemble des stations***

teneurs moyennes composées a significativement baissé. Dans le graphique relatif aux stations de catégorie I, on constate entre 1981 et 1983, une baisse significative (au niveau de confiance de 95 p. 100).

3 DIOXYDE D'AZOTE

Les véhicules à moteur à essence constituent la principale source d'émissions de NO_2 (13). Parmi les autres sources importantes, citons les moteurs Diesel, les foyers industriels, les centrales thermiques, les feux de forêt et les locomotives. Les objectifs nationaux ont été fixés pour empêcher les effets nocifs du dioxyde d'azote sur la santé et les végétaux, mais on ne néglige pas le rôle important des oxydes d'azote dans les réactions photochimiques qui ont lieu dans l'atmosphère de même que leur contribution notable aux pluies acides.

Comme le montre la figure 1, le réseau NSPA est doté d'appareils de surveillance du dioxyde d'azote depuis 1973, et les données recueillies de 1973 à 1977 ont fait l'objet d'une discussion dans un rapport antérieur (2). On a depuis conclu qu'elles n'étaient pas dignes de confiance à cause de problèmes d'étalonnage et d'instrumentation. C'est pourquoi nous nous limiterons aux données obtenues depuis 1977.

3.1 Moyennes annuelles

De 1977 à 1983, la moyenne composée des moyennes annuelles des teneurs en dioxyde d'azote pour le réseau est passée de 31 à 22 ppb. (V. Annexe A et figure 9.) D'après le test de Wilcoxon, la moyenne annuelle nationale n'a pas significativement évolué entre 1979 et 1982 (tableau 4); le nombre de stations appariées où il y a eu écart entre les moyennes annuelles est donné dans le tableau A3. Les moyennes composées des moyennes annuelles et leurs limites de confiance à 95 p. 100 (tirées du test de Tukey) sont données dans la figure 10 pour la période de 1977 à 1983, tant pour l'ensemble des stations que celles de catégorie I; pour ces deux groupes de stations, l'évolution et les teneurs sont semblables.

Dans les deux cas, les moyennes annuelles de 1983 sont significativement inférieures à celles de 1977 et de 1978, ce qui traduit une amélioration réelle et montre, en outre, qu'aucune modification significative des teneurs en NO_2 ne s'est produite d'une année à l'autre pendant la période 1979 à 1983.

Les moyennes composées des moyennes annuelles des stations, pour le dioxyde d'azote, sont restées inférieures au maximum souhaitable entre 1977 et 1983. Durant cette période, les teneurs annuelles moyennes affichaient une baisse constante sauf en trois occasions où l'on note un léger accroissement (Annexe A). Comme le montre le tableau A4 et la figure 11, le nombre de stations se conformant au maximum souhaitable est passé de 59 p. 100, en 1977, à 97 p. 100, en 1983. Depuis 1977, aucune station n'a

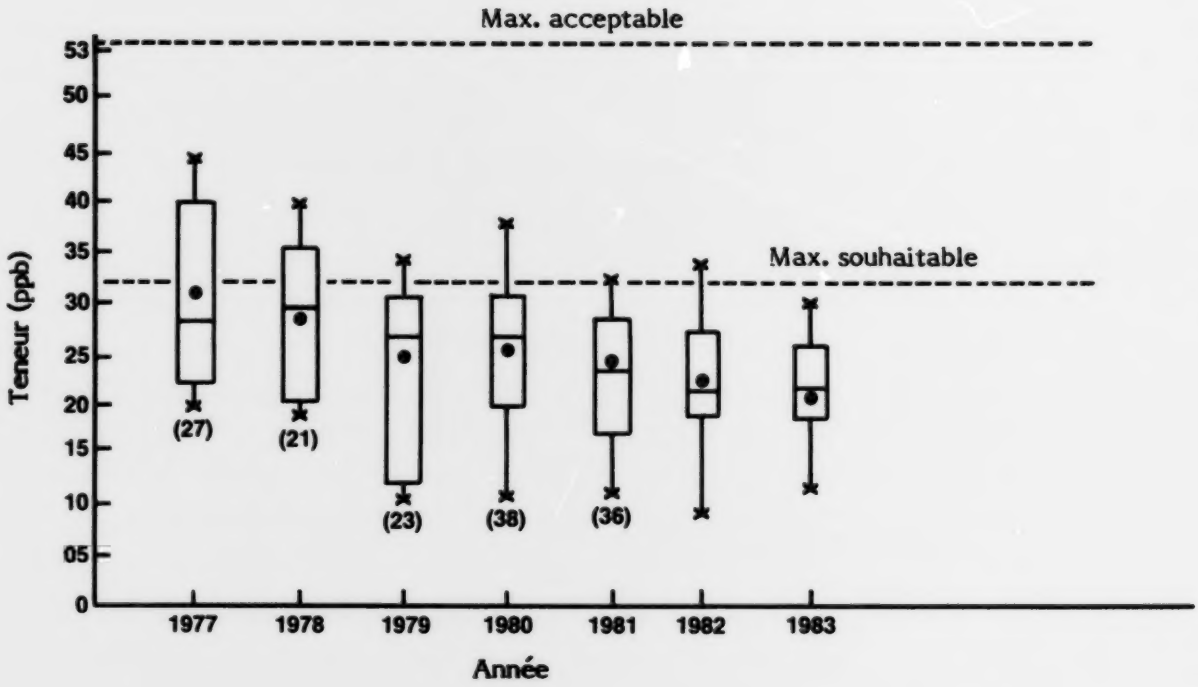


Figure 9 *Dioxyde d'azote: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1977-1983)*

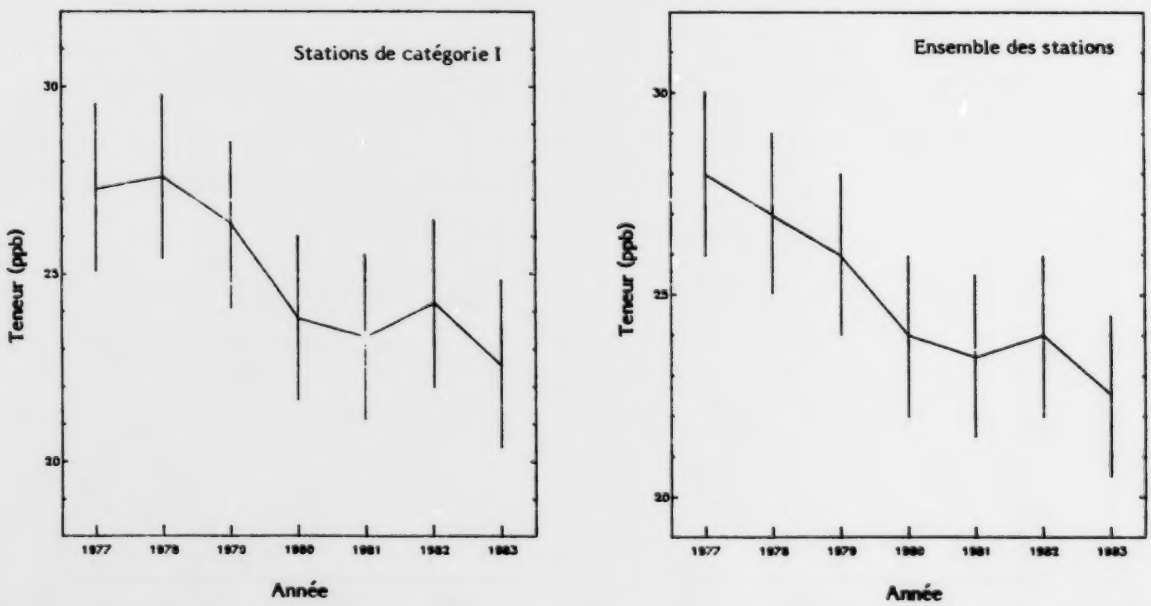


Figure 10 *Dioxyde d'azote: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1977-1983)*

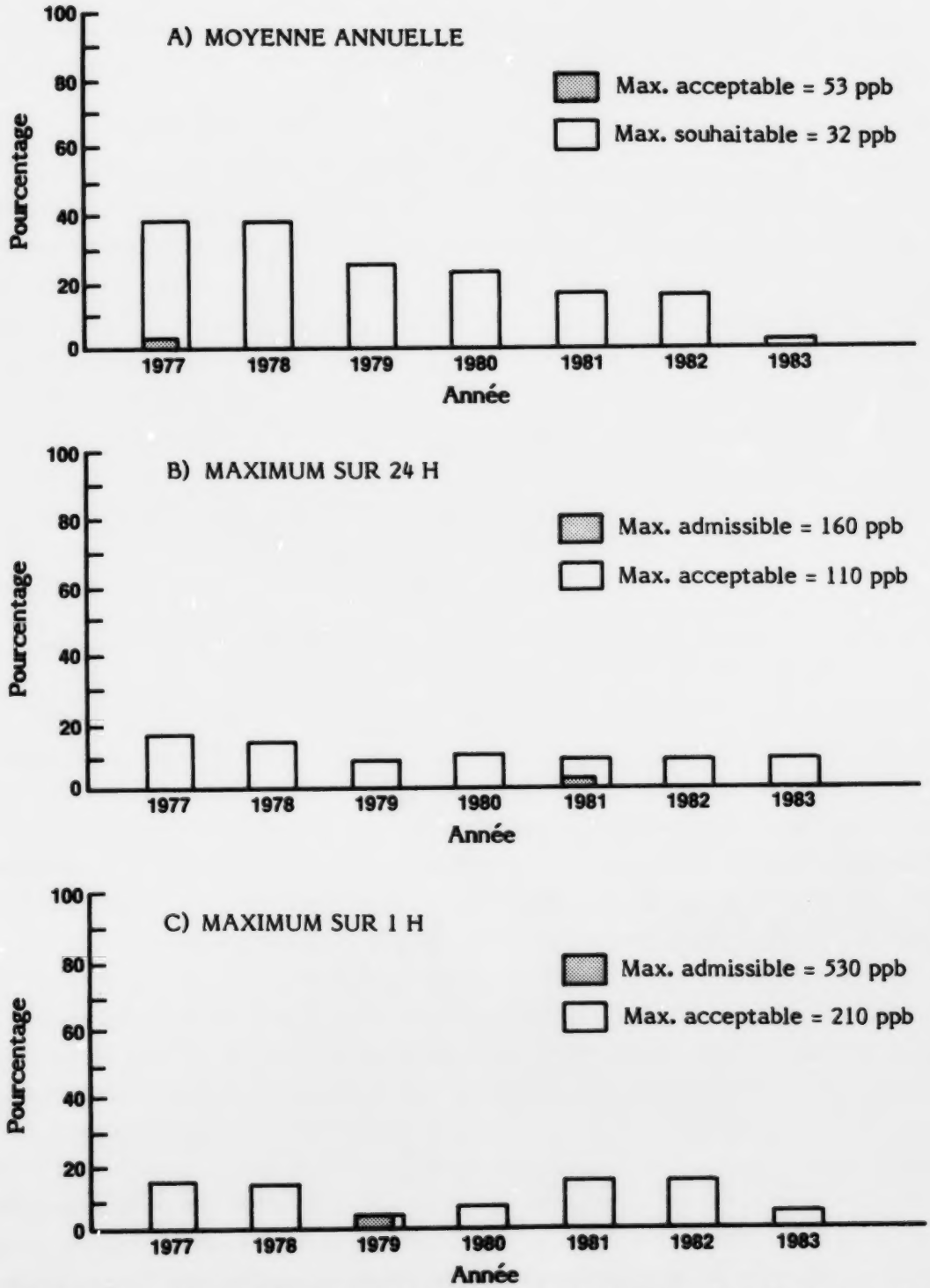


Figure 11 ***Dioxyde d'azote: pourcentage de stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1977-1983)***

dépassé le maximum acceptable. La plus forte teneur moyenne annuelle enregistrée en 1983 l'a été dans une zone commerciale du centre-ville d'Edmonton (39 ppb).

3.2 Teneurs à court terme

3.2.1 Maximums sur 24 h. - La baisse des moyennes annuelles s'est accompagnée d'une diminution du taux d'observations qui excédaient le maximum acceptable sur 24 h de 110 ppb (tableau 9 et figure 10). En 1977, 84 p. 100 des stations se conformaient à ce maximum, comparativement à 92 p. 100 en 1983. Au cours des trois dernières années, les observations de toutes les stations respectaient le maximum admissible sur 24 h de 160 ppb. D'après la figure 11, l'évolution générale des stations de catégorie I et de l'ensemble des stations est équivalente; cependant, pour l'ensemble des stations, on constate une diminution significative (au niveau de confiance de 95 p. 100) entre 1983 et les années antérieures à 1980.

3.2.2 Maximums sur 1 h. - Le pourcentage de stations où le maximum acceptable sur 1 h (210 ppb) était respecté a été plus grand en 1979 et en 1983 qu'aux autres années; 4 p. 100 des stations seulement ont enregistré des teneurs supérieures à 210 ppb (figure 11). Pour la période considérée, le maximum admissible sur 1 h (530 ppb) n'a été dépassé qu'en 1979.

La figure 12 permet de constater la baisse du 98^{e} percentile de la moyenne composée des teneurs. En 1983 et les années antérieures à 1980, la baisse est significative (au niveau de confiance de 95 p. 100). Même si on n'observe pas le même nombre de différences significatives en ce qui concerne les stations de catégorie I, il importe de savoir que l'évolution générale suit la même tendance.

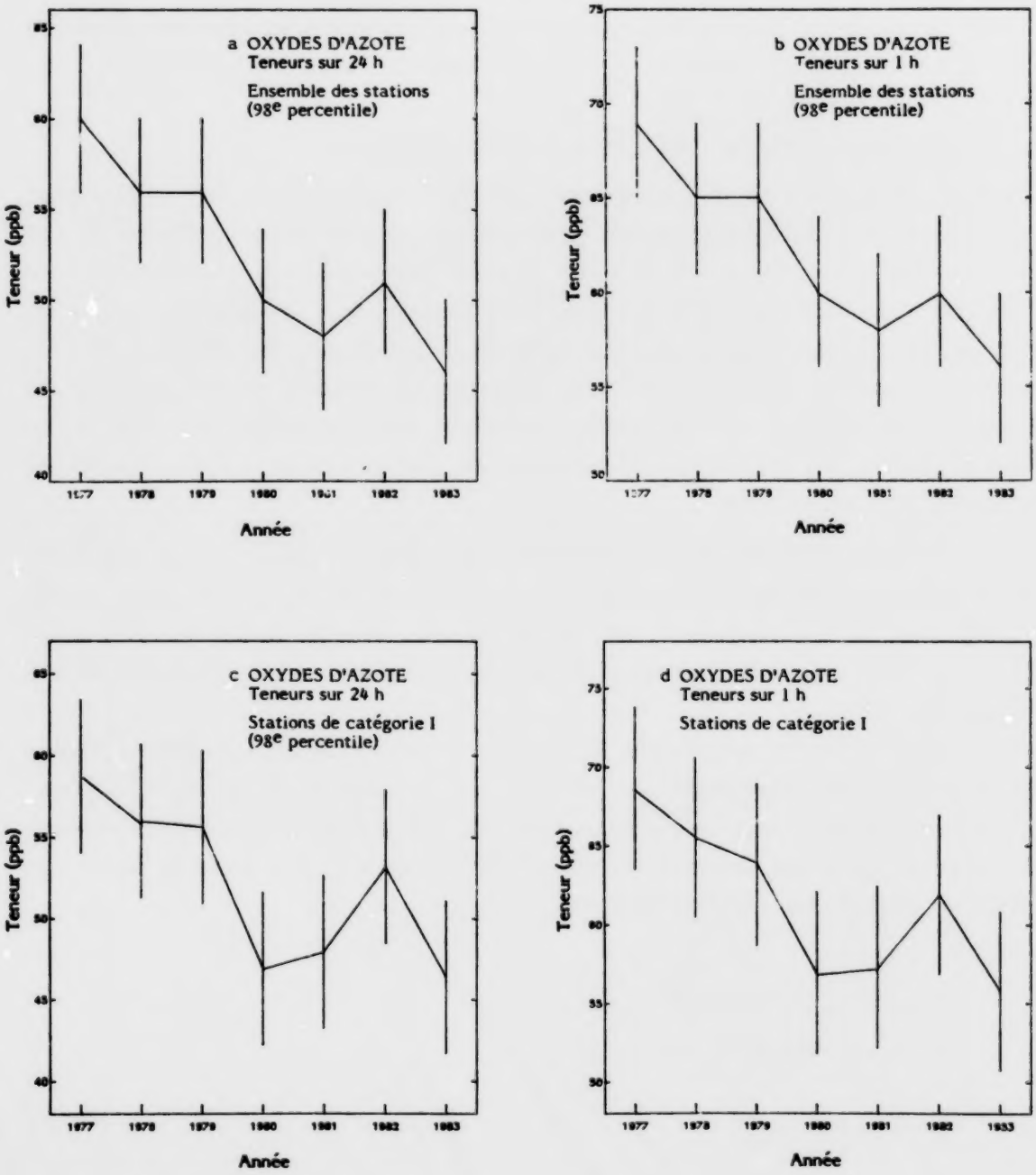


Figure 12 ***Oxydes d'azote: moyennes composées du 98e percentile (aux limites de confiance de 95 p. 100), pour les stations de catégorie I et l'ensemble des stations (1977-1983)***

4 MONOXYDE DE CARBONE

Le monoxyde de carbone (CO) est produit par la combustion incomplète des carburants et des combustibles organiques. Les véhicules à moteur à essence sont la principale source d'émission. Viennent ensuite les sources fixes de combustion, les feux de forêt, le brûlage à des fins agricoles et le brûlage des rémanents, l'utilisation de l'essence à moteur à d'autres fins que le transport (machinerie agricole, etc.) et le raffinage du pétrole (13). Les objectifs de qualité d'air ambiant servent à prévenir les effets chroniques du polluant chez l'homme.

4.1 Moyennes annuelles

La moyenne composée des moyennes annuelles à l'échelle du réseau NSPA est passée de 2,4 ppm en 1974 à 1,7 ppm en 1976, puis elle est restée relativement constante jusqu'en 1981 avant de subir une nouvelle baisse en 1982-1983 (figure 13). Les teneurs plus élevées observées en 1979 dans les stations des régions plus polluées, ont entraîné une hausse temporaire des teneurs qui se sont autrement maintenues à des niveaux constants pour la période de six ans commençant en 1976.

D'après le test de Wilcoxon, les teneurs ont diminué significativement en 1973-1974, 1974-1975, 1979-1980 ainsi qu'en 1981-1982 (tableau 3). Aucune tendance ne se dégage pour 1982-1983. Le tableau A5 donne le nombre de stations où les moyennes annuelles ont changé.

La figure 14 montre l'évolution de la moyenne composée des moyennes annuelles des teneurs en monoxyde de carbone dans l'ensemble des stations, aux limites de confiance de 95 p. 100 (test de Tukey), et dans les stations de catégorie I. Comme celle des autres polluants, cette évolution est semblable pour les deux groupes, et on peut en conclure que les stations de catégorie I constitueraient à elles seules un échantillon national représentatif. Cependant, à cause du nombre de stations soumises à l'analyse de la variance, l'ensemble des stations constitue un meilleur indicateur des variations annuelles. Dans ce cas, les deux groupes montrent la même évolution à long terme, les teneurs en 1983 étant (au niveau de confiance de 95 p. 100) significativement inférieures à celles de 1979 et des années antérieures. Cette évolution s'explique par les améliorations des conditions aux stations où on observait souvent les valeurs les plus élevées.

En 1983, les moyennes les plus élevées, 3,8 ppm et 2,5 ppm, ont été observées à des stations de zones commerciales de Toronto et de Montréal, mais elles sont inférieures aux

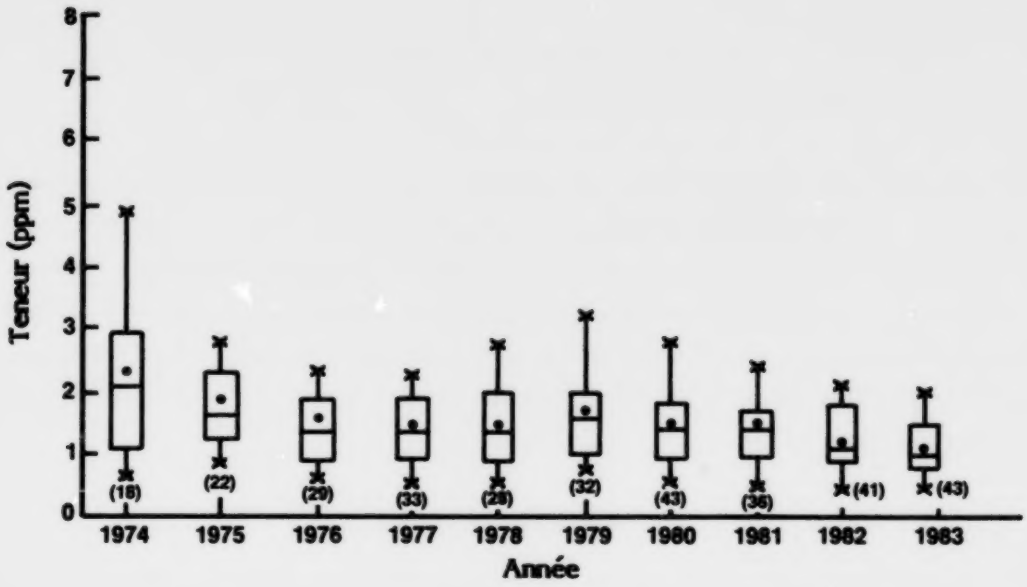


Figure 13 *Monoxyde de carbone: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)*

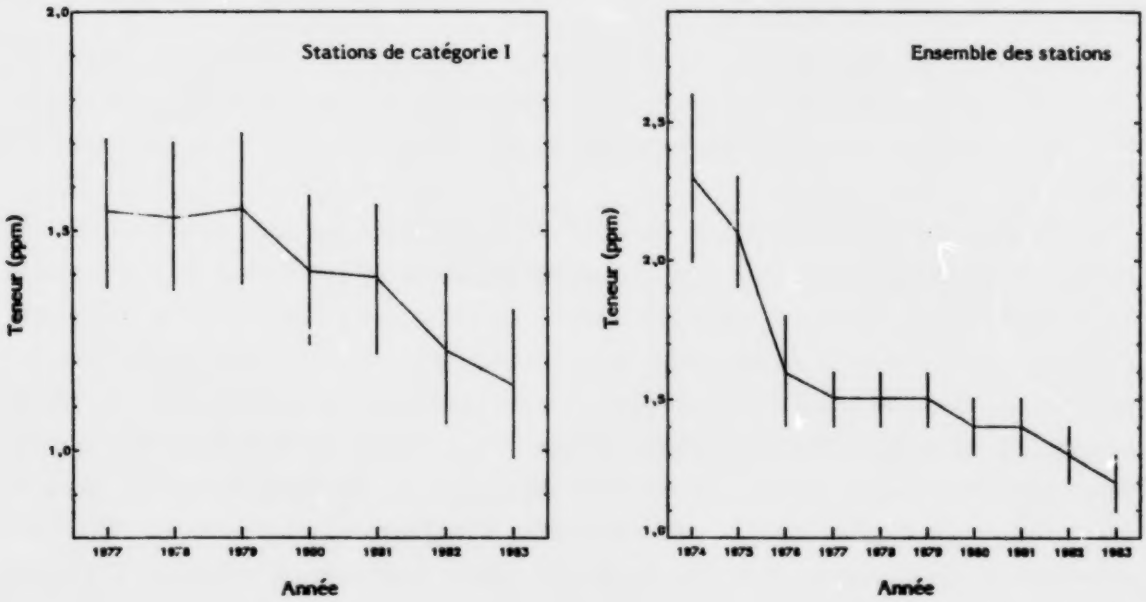


Figure 14 *Monoxyde de carbone: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)*

valeurs les plus élevées observées en 1981. Comme il s'agit de deux stations de centres-villes, situées près de grands axes routiers, cette diminution traduit une baisse générale des émissions par automobile pour la période d'étude (19). D'après un rapport intitulé "Summary Report, Canadian Energy Supply and Demand, 1983-2005", la demande de mazout et d'essence a diminué entre 1979 et 1983. Tous ces facteurs concourraient à faire baisser les teneurs ambiantes en monoxyde de carbone aux stations où on avait auparavant observé traditionnellement les moyennes annuelles les plus élevées.

4.2 Teneurs à court terme

4.2.1 Maximums sur 8 h. - Le pourcentage de stations qui respectent le maximum acceptable sur 8 h a continué d'augmenter, passant de 71 p. 100 en 1974 à 96 p. 100 en 1983 (figure 15). Les fluctuations sont dues au nombre de stations où les teneurs ont dépassé les maximums acceptable et admissible entre 1976 et 1981. En 1983, le maximum admissible de 17 ppm n'a pas été respecté à deux stations: Toronto (60416C) et Calgary (90227C), où la teneur observée a été de 21 ppm.

Au tableau A6, on donne, de 1976 à 1983, le pourcentage de stations selon les divers intervalles de teneurs moyennes sur 8 h établis en fonction des ONQAA.

La figure 16 montre l'évolution de la moyenne du 98^{e} percentile des teneurs sur 8 h dans les stations de catégorie I et dans l'ensemble des stations. On constate pour ces dernières des changements significatifs entre les années, 1983 représentant une amélioration par rapport à 1981, à 1979 ainsi qu'à toutes les années antérieures à 1978. Il est intéressant de noter que les années 1980 et 1982, où il y a eu des changements significatifs à court terme, selon le test de Wilcoxon, sont les deux seules années qui ne se démarquent pas significativement de 1980 selon le test de Tukey.

4.2.2 Maximums sur 1 h. - Le nombre de stations où les teneurs en CO dépassent le maximum souhaitable sur 1 h (13 ppm) a décru au cours des ans, plus particulièrement en 1983 (figure 15). Le pourcentage de stations où les teneurs n'ont pas respecté le maximum acceptable est passé de 2 à 8 p. 100 sans qu'il se dégage de tendance depuis 1974. Les dépassements du maximum acceptable sur 1 h et sur 8 h ne sont survenus qu'à une station de Calgary en 1983 (station 90227C). L'autre station où le maximum acceptable sur 1 h n'a pas été respecté était située à Montréal (50109C).

Le tableau A6 donne le pourcentage de stations réparties dans les divers intervalles de teneur selon l'objectif sur 1 h, de 1974 à 1983.

La figure 16 montre l'évolution de la moyenne composée du 98^{e} percentile des teneurs sur 1 h. Encore une fois, le graphique relatif à l'ensemble des stations montre des

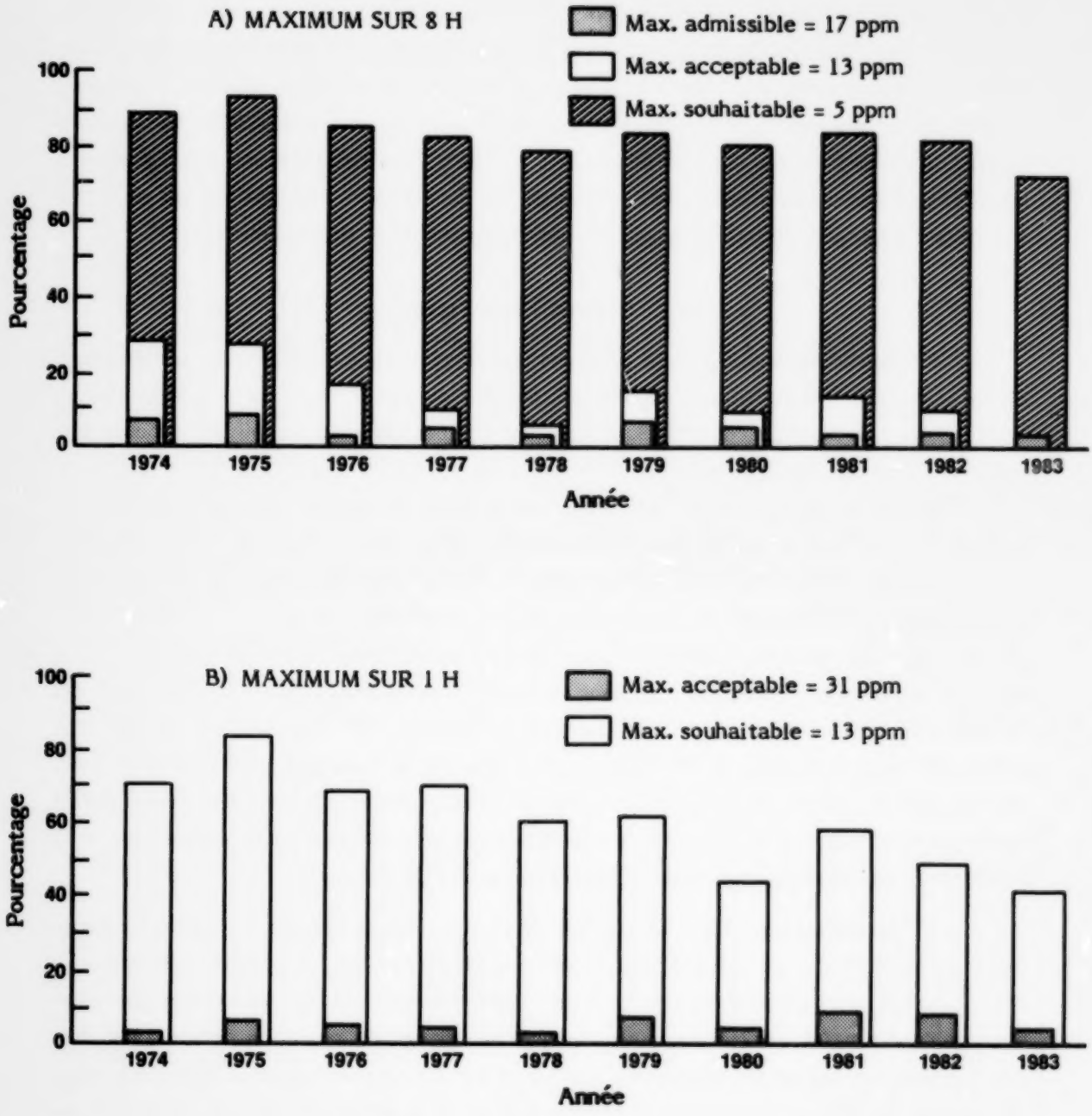


Figure 15 *Monoxyde de carbone: pourcentage des stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1974-1983)*

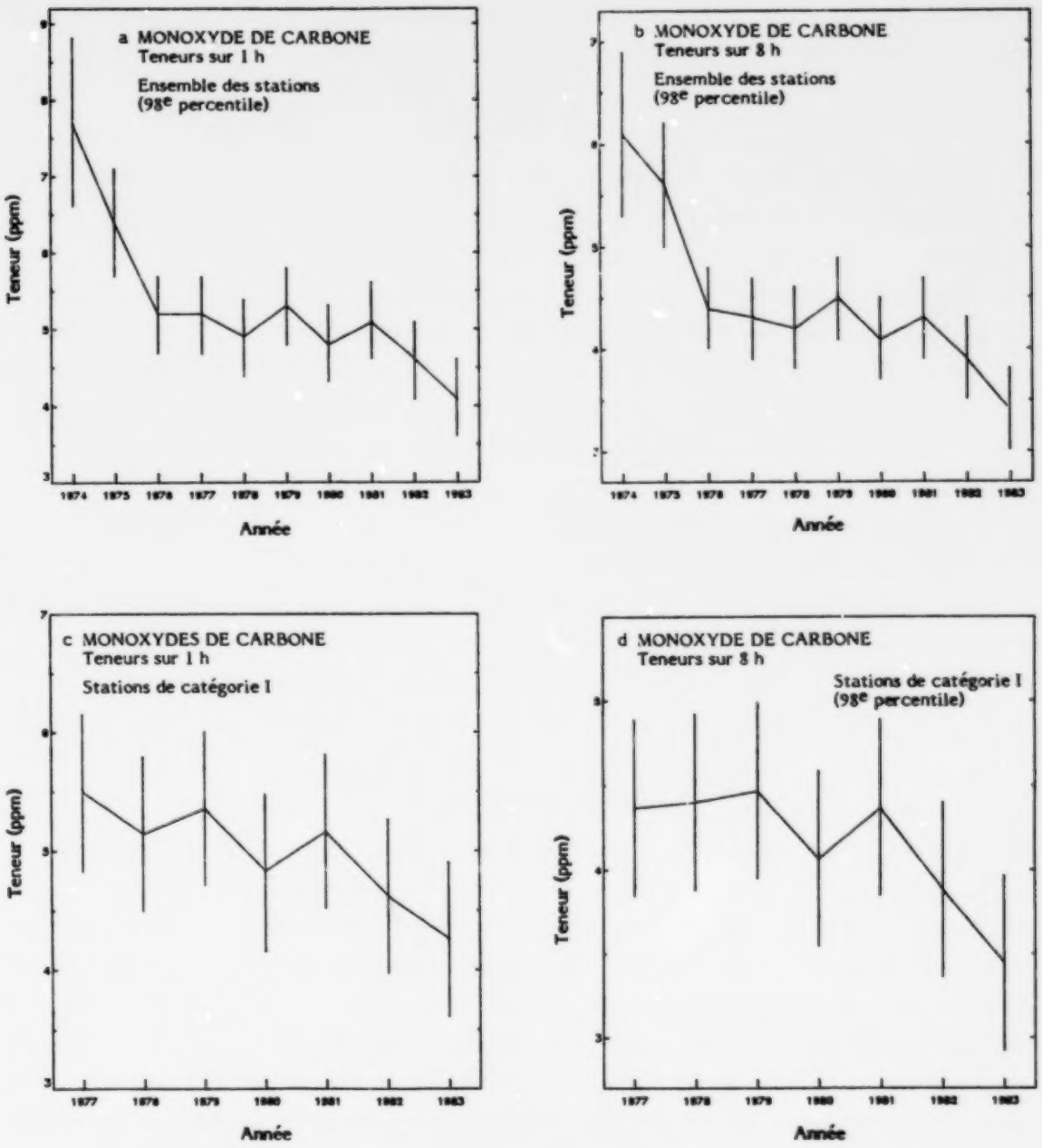


FIGURE 16 ***Monoxyde de carbone: moyennes composées du 98e percentile des teneurs (aux limites de confiance de 95 p. 100) pour les stations de catégorie I et l'ensemble des stations (1974-1983)***

différences interannuelles plus significatives, les teneurs observées en 1983 étant significativement moins élevées qu'en 1981, 1979 et les années antérieurs à 1978.

5 OZONE

L'ozone est le principal gaz de la classe des oxydants photochimiques totaux. La teneur atmosphérique en ozone augmente du fait de réactions photochimiques qui se produisent sous fort éclairage solaire et en présence de fortes teneurs en hydrocarbures et oxydes d'azote. Les précurseurs de l'ozone sont principalement émis par les véhicules à moteur à essence, les foyers domestiques, commerciaux et industriels ainsi que par les moteurs Diesel. Les objectifs de qualité d'air ambiant ont été fixés compte tenu de ses effets nocifs sur la végétation, les matériaux et l'homme.

Les premiers appareils de surveillance ont été installés dans le réseau NSPA en 1973 (figure 1). Les données relatives à la période de 1973 à 1974 ont été présentées dans un rapport antérieur (1). Ces appareils ayant été ultérieurement soumis à une méthode d'étalonnage uniforme, il a été constaté que ces données n'étaient pas dignes de confiance (2). Afin de ne pas avoir à les évaluer, il a été décidé d'en retarder l'interprétation jusqu'à ce que toutes les questions de méthodologie soient résolues. On croit maintenant que les mesures ultérieures à 1978 sont dignes de confiance et cohérentes.

5.1 Moyennes annuelles

Les teneurs annuelles en ozone, depuis 1979, sont présentées graphiquement à la figure 17. En 1983, la moyenne d'ensemble des moyennes annuelles pour le réseau était de 16 ppb. Les valeurs variaient de 5 ppb à Vancouver (00112C) à 23 ppb à Cornwall (61201R). Les moyennes annuelles de la plupart des stations du sud de l'Ontario se situaient dans l'intervalle de 10 à 23 ppb. On a généralement observé que les teneurs élevées sont enregistrées en été, ce qui n'a rien d'étonnant. L'évolution des teneurs moyennes en ozone pour l'ensemble des stations et pour celles de catégorie I est montrée à la figure 18. Le nombre de stations où les teneurs moyennes annuelles ont changé entre 1979 et 1983 est donné au tableau A7.

Le maximum acceptable annuel pour l'ozone est de 15 ppb. Comme le montre le tableau A8, cet objectif est respecté dans la moitié des stations. Les autres stations sont assez également réparties dans l'ensemble du réseau, sauf qu'elles englobent toutes les stations du sud de l'Ontario à l'extérieur de la région urbaine de Toronto-Hamilton. On admet depuis plusieurs années que les oxydes d'azote agissent sur les teneurs en ozone dans les secteurs urbains et industriels (3).

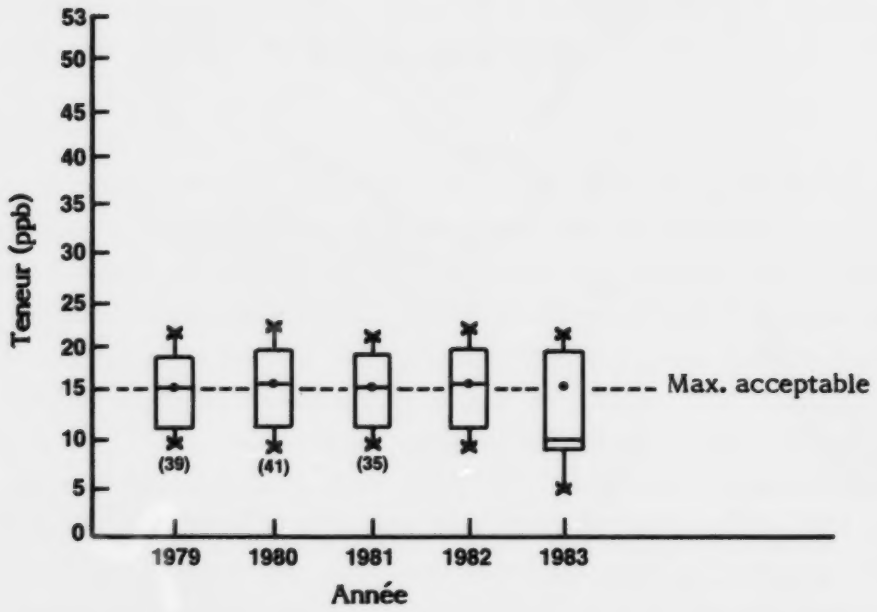


Figure 17 *Ozone: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1979-1983)*

5.1.1 Maximums sur 1 h. - Les maximums souhaitable, acceptable et admissible sur 1 h se trouvent au tableau 2. Le pourcentage de stations en regard de chaque intervalle défini par ces objectifs est donné au tableau A8. Dans environ 10 p. 100 des stations, on a signalé des teneurs qui dépassaient le maximum admissible de 150 ppm. Dans la plupart des cas, cela ne s'est produit qu'une fois.

Selon un rapport de l'EPA sur les indicateurs de qualité de l'air (18), le 98^{e} percentile des teneurs sur 1 h (teneur de pointe) serait un meilleur indicateur de l'évolution de l'ozone. La raison en est que l'ozone est un polluant saisonnier, ce dont ne rend pas bien compte la moyenne annuelle, d'où l'impossibilité de dégager une tendance. Dans la figure 18 nous pouvons constater une plus grande variation des données relatives aux teneurs sur 1 h, l'année 1983 montrant sans contredit une augmentation par rapport aux autres années. Selon le rapport sur l'évolution de la qualité de l'air aux États-Unis (15), les teneurs en ozone ont été exceptionnellement élevées en 1983, notamment dans les États du Nord, et elles ont dépassé les teneurs observées en 1981 ou 1982. Le phénomène est mieux montré par le graphique du 98^{e} percentile des teneurs sur 1 h. Cependant, à cause de la variabilité des données et du nombre plutôt faible de stations du réseau, on ne décèle

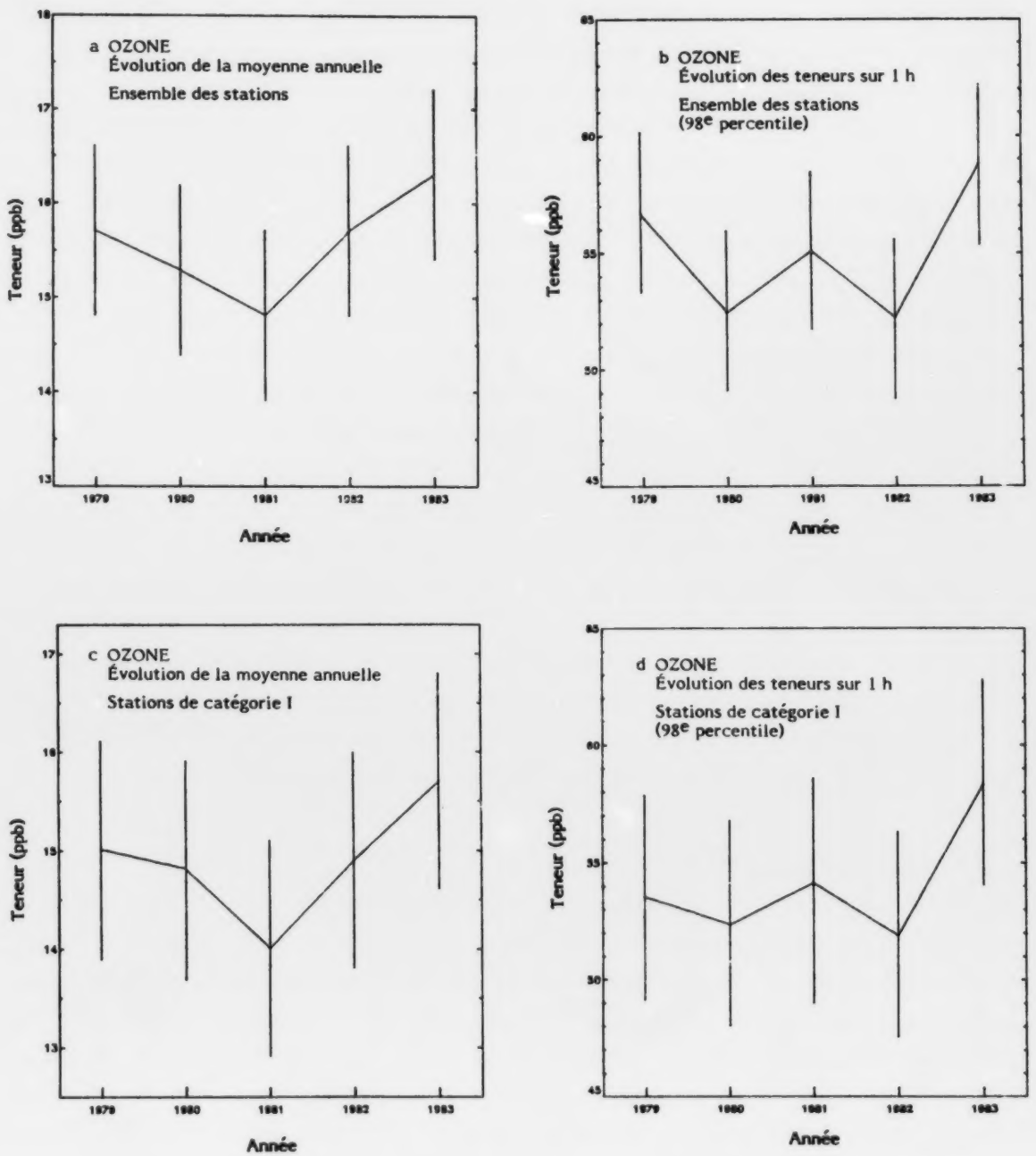


Figure 18 ***Évolution de la moyenne annuelle et du 98e percentile des teneurs sur 1 h pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1979-1983)***

aucun changement significatif à long terme (selon le test de Tukey et les régressions linéraires), même si le test de Wilcoxon (tableau 3) montre qu'il y a eu des écarts significatifs d'une année à la suivante (au niveau de confiance de 95 p. 100).

6 PARTICULES EN SUSPENSION

Par particules totales en suspension (PTS), on entend généralement une grande variété de particules solides ou liquides qui, selon leur dimension et leur forme, peuvent rester en suspension dans l'atmosphère (aérosols). La fraction de particules fines, dite respirable, peut être aspirée profondément dans l'appareil respiratoire. Les particules constituent la forme de pollution atmosphérique la plus souvent visible, car elles réduisent la visibilité, salissent les matériaux et irritent les voies respiratoires. Les objectifs de qualité d'air ambiant ont été fixés afin de réduire au minimum ces effets indésirables. La granulométrie et la composition chimique des particules émises par les principales sources canadiennes ont été déterminées (10).

L'extraction et l'enrichissement des minerais de fer, l'extraction des autres minerais et des roches, les usines de pâte kraft, les centrales thermiques, le brûlage des rémanents constituent tous d'importantes sources de particules en suspension. Les feux de forêt, l'érosion éolienne et les émissions de poussières diffuses contribuent à augmenter les teneurs naturelles (13).

Au tableau 2, on trouve les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant en ce qui concerne les teneurs moyennes annuelles et les teneurs moyennes sur 24 h. Cependant, à cause du calendrier d'échantillonnage dans le réseau NSPA (aux six jours), seule la moyenne annuelle sert à déterminer l'évolution du phénomène (18).

6.1 Moyennes géométriques annuelles

Entre 1974 et 1983, la moyenne composée des moyennes géométriques annuelles des stations a diminué d'environ 40 p. 100, et les valeurs moyennes semblent se grouper dans la gamme de 50 $\mu g/m^3$ (figure 19 et tableau A9). La diminution peut être attribuable à l'amélioration des conditions dans les stations les plus polluées. Selon le test de Wilcoxon, les teneurs ont diminué significativement en 1974-1975, 1976-1977, 1980-1981, 1981-1982 et en 1982-1983 (tableau A9). Les augmentations significatives observées en 1978-1979 et en 1979-1980 semblent avoir été générales à toutes les stations, à cause d'hivers exceptionnellement doux. Le tableau A9 donne le nombre de stations appariées où il y a eu changement des moyennes annuelles, de 1974 à 1983.

La figure 20 montre pour la période de 1974 à 1983 les variations à long terme des moyennes annuelles dans l'ensemble des stations et celles de catégorie I, selon le test de

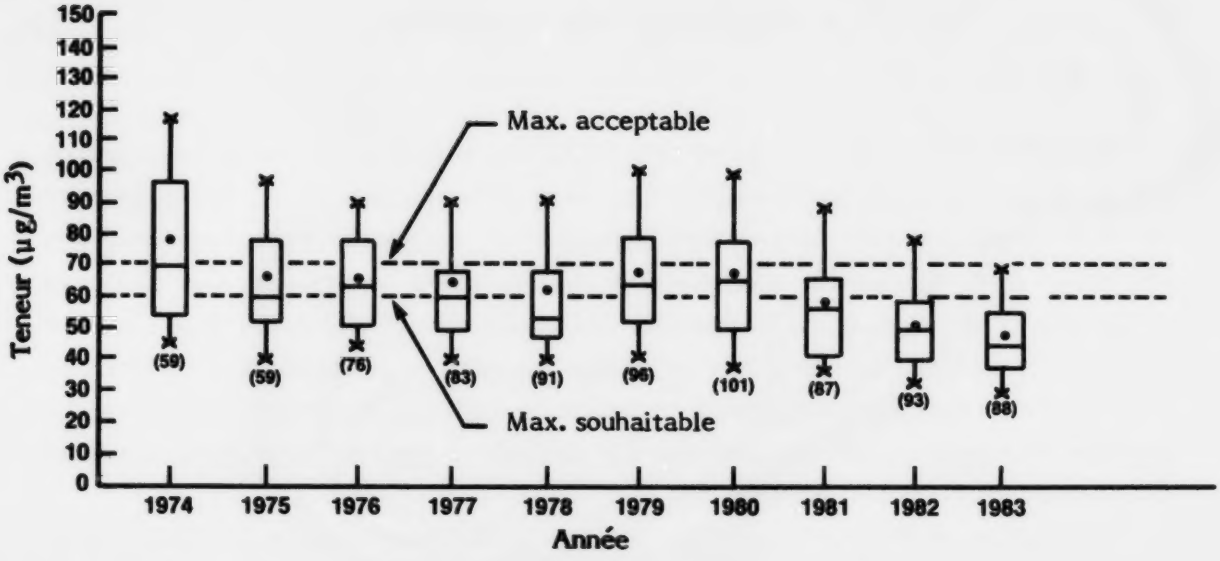


Figure 19 *Particules en suspension: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)*

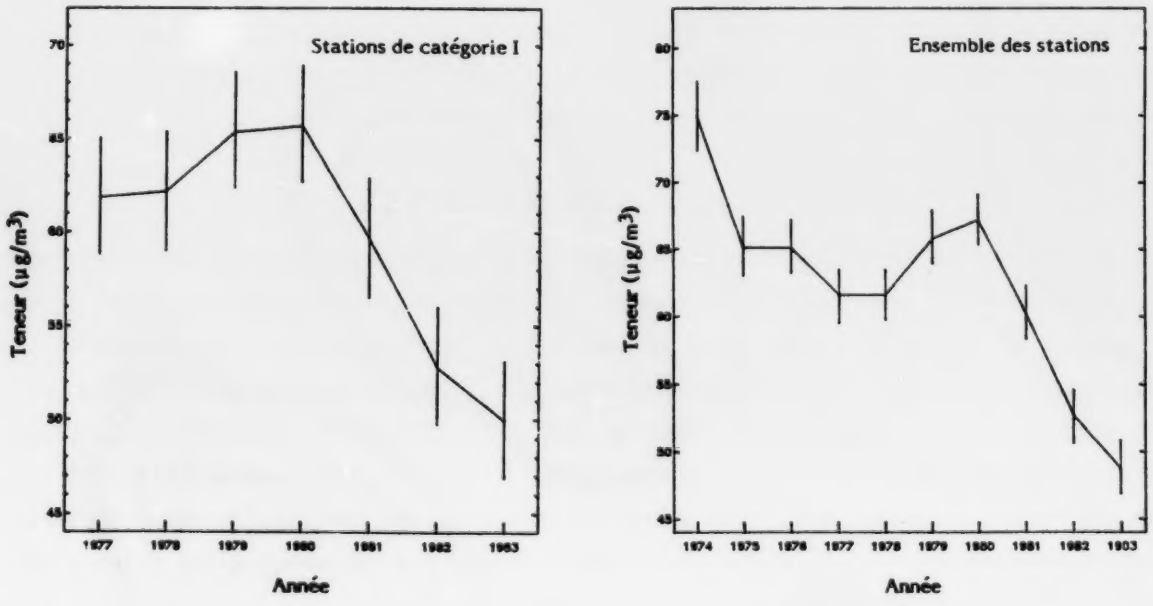


Figure 20 *Particules en suspension: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)*

Tukey. Même si les deux courbes sont similaires, les teneurs aux stations de catégorie I étaient quelque peu supérieures en valeur absolue jusqu'en 1981. Depuis, la concordance entre les deux courbes est telle que les stations de catégorie I peuvent, à elles seules, constituer un échantillon représentatif des teneurs généralement prédominantes en PTS.

À cause du nombre supérieur de stations qui ont servi à calculer les intervalles de confiance du test de Tukey pour les années 1974 à 1983, l'ensemble des stations constitue un meilleur échantillon des tendances à long terme. On peut constater qu'en 1983 l'amélioration par rapport aux années antérieures, sauf 1982, a été significative (au niveau de confiance de 95 p. 100), l'année 1982 correspondant elle aussi à une amélioration significative par rapport aux années antérieures. Si l'on se rapporte à la figure 20, il est évident que depuis 1975, les moyennes annuelles du réseau ont été inférieures au maximum acceptable visé par les ONQAA.

À la lecture de la figure 19, on constate que les améliorations observées au cours des trois dernières années, à tous les percentiles, sont telles que la teneur au 75^{e} percentile en 1983 est inférieure au maximum souhaitable de 60 $\mu g/m^3$. Pour souligner cette amélioration des plus notables, signalons que les moyennes pour le réseau, entre 1975 et 1980, étaient constamment supérieures à 60 $\mu g/m^3$ et qu'elles sont actuellement descendues aux environs de 47 $\mu g/m^3$.

Dans la figure 21, on trouve le pourcentage de stations qui enfreignent les objectifs annuels. L'évolution vers une amélioration s'observe par le pourcentage supérieur de stations dont la moyenne annuelle se situe aux teneurs souhaitable et acceptable en 1982-1983. En 1983, environ 10 p. 100 seulement des stations ne respectaient pas le maximum acceptable de 70 $\mu g/m^3$ comparativement à 50 p. 100 en 1974. De même, le pourcentage de stations où la moyenne annuelle est conforme à l'objectif maximal souhaitable de 60 $\mu g/m^3$ est passé de 30 p. 100 en 1974 à 80 p. 100 en 1982-1983. Le pourcentage de stations où la moyenne annuelle se situe dans les divers intervalles définis par les objectifs de qualité d'air est donné au tableau A10.

Les stations où on a enregistré les moyennes annuelles les plus élevées en 1983 étaient: à Toronto (60414I), 82 $\mu g/m^3$; à Montréal (50109C), 101 $\mu g/m^3$; à Hamilton (60505R), 78 $\mu g/m^3$. Les autres villes où on a enregistré des moyennes annuelles supérieures au maximum acceptable (70 $\mu g/m^3$) étaient: Hamilton, Shawinigan et Calgary. Les teneurs élevées qu'on y enregistre s'expliquent habituellement par le fait que les stations se trouvent à proximité de grands axes routiers, de zones fortement industrialisées ou de chantiers de construction.

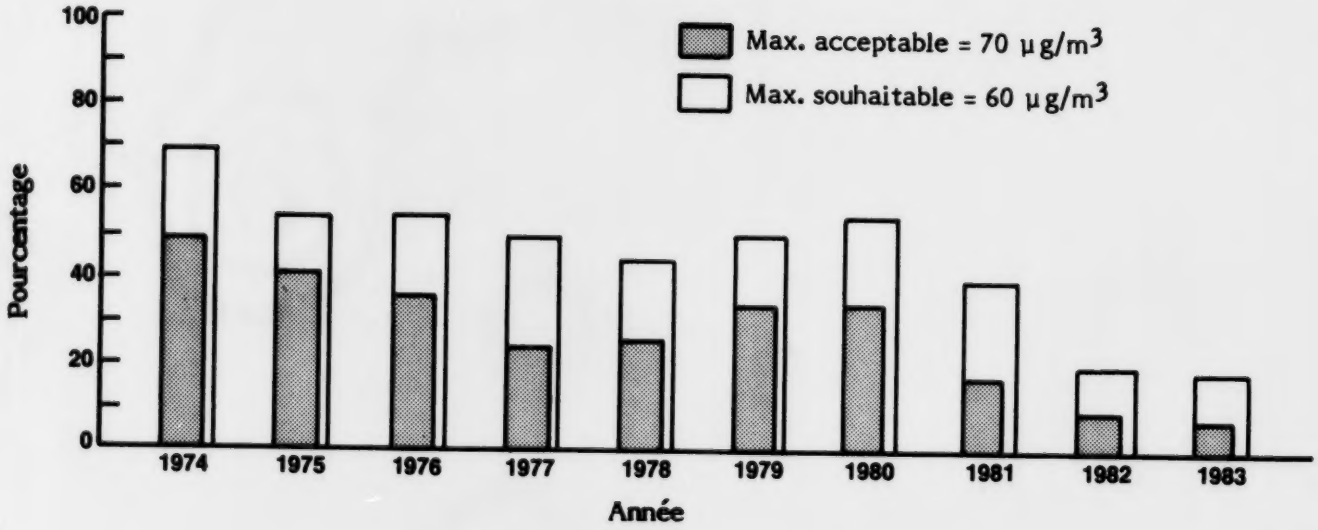


Figure 21 *Particules en suspension: pourcentage des stations ayant dépassé les objectifs nationaux de qualité d'air ambiant (1974-1983)*

7 PLOMB

Le plomb atmosphérique est depuis longtemps considéré comme dangereux pour la santé. Au Canada, les véhicules mus à l'essence contribuent à plus de 85 p. 100 de toutes les émissions de plomb. Parmi les autres sources, on compte l'affinage du cuivre et du nickel de première fusion, l'extraction minière du plomb, son élaboration et son affinage (12).

Le plomb est présent dans l'air comme constituant des particules en suspension et on le dose dans les échantillons recueillis en vue de déterminer ces dernières.

7.1 Moyennes géométriques annuelles

Entre 1974 et 1983, la moyenne composée des teneurs annuelles moyennes des stations a diminué d'environ 60 p. 100. (V. tableau A11 et figure 22.) Les conditions se sont constamment améliorées dans les stations où la pollution était la plus élevée, comme le montre la diminution du 98^{e} percentile des teneurs. D'après les tests statistiques, les diminutions d'une année à l'autre sont significatives sauf entre 1980 et 1981, où aucune tendance ne s'est dégagée (tableau 3). Consulter le tableau A11 pour le nombre de stations où les moyennes géométriques appariées ont changé.

La figure 23 donne la moyenne des teneurs moyennes annuelles en plomb pour toutes les stations du réseau NSPA. Ces teneurs sont nettement plus élevées aux stations de la catégorie I, ce qui est logique puisque celles-ci sont situées exclusivement dans des centres-villes, où on s'attend à observer des teneurs supérieures. Pour les deux groupes de stations, les données montrent que les moyennes convergent, mais la moyenne des stations de catégorie I continue d'être quelque peu supérieure à la moyenne de l'ensemble des stations, de 1974 à 1979. Dans la figure 23, le résultat du test de Tukey est présenté pour l'ensemble des stations (tout le réseau), et il semble y avoir une baisse significative à tous les deux ou trois ans plutôt qu'à chaque année comme le montre le test de Wilcoxon. L'analyse des tendances la plus récente montre que les teneurs observées en 1983 sont significativement inférieures à celles de 1981 et des années antérieures. L'abandon graduel de l'essence au plomb devrait accentuer la baisse et nous devrions approcher des teneurs de fond.

Depuis que des observations sont faites, les teneurs les plus élevées s'enregistrent dans les villes. Dans le tableau 6, on donne les coordonnées des stations, les teneurs

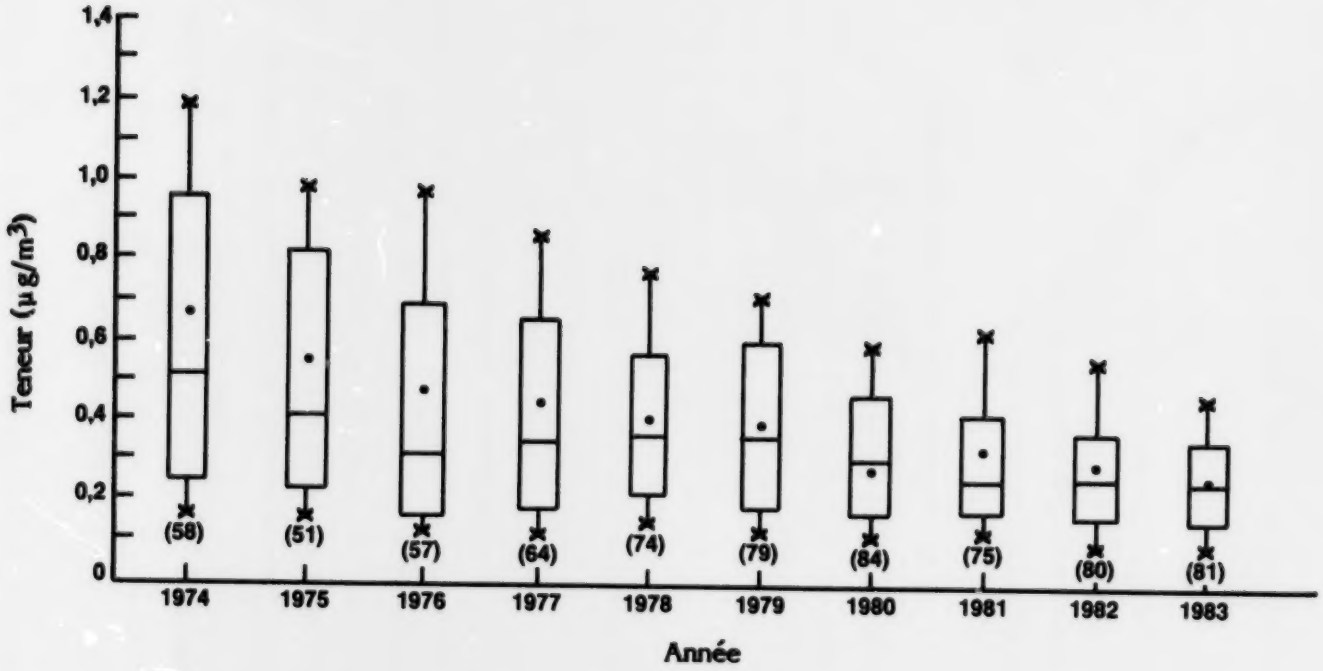


Figure 22 *Plomb: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)*

observées et la densité de la circulation automobile pour les stations où les teneurs observées en 1983 ont été les plus élevées.

Bien que certaines de ces stations peuvent se trouver à proximité d'une source industrielle (par ex. fonderies ou installations de récupération des métaux), l'une de leur caractéristique commune est la proximité de grands axes routiers ou, plus précisément, de la principale source d'émission de particules de plomb en suspension en milieu urbain, c'est-à-dire les véhicules automobiles mus à l'essence.

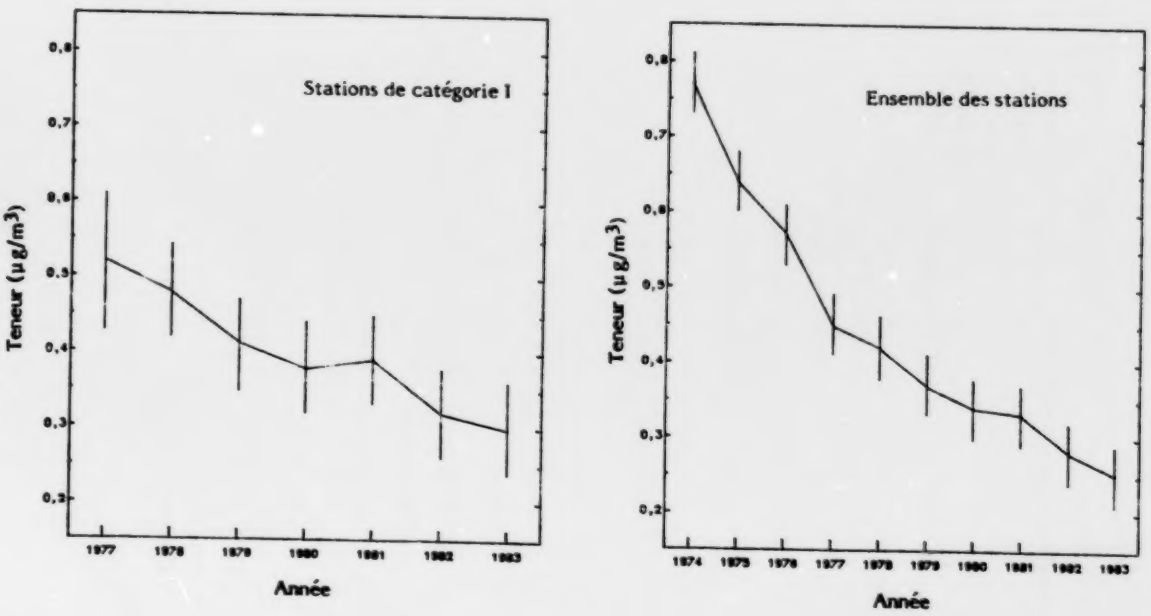


Figure 23 ***Plomb: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)***

Tableau 6
Stations* où on a observé les plus fortes teneurs en plomb, en 1983

N° de la station	Ville	Emplacement	Moyenne géométrique annuelle ($\mu g/m^3$)	Moyenne trimestrielle maximale ($\mu g/m^3$)	Maximum sur 24 h ($\mu g/m^3$)	Hauteur de l'échantillonneur (m)	Distance à partir de la rue (m)	Trafic-axe routier le plus proche (véh./j)
50109	Montreal	Duncan/Décarie	0,72	0,93	1,8	4	20	100 000
50601	Rouyn	Hôtel de Ville	0,41	1,20	7,7	8	--	--
60403	Toronto	Evans/Arnold	0,46	0,77	1,7	2	120	150 000
60412	Toronto	Bathurst/Wilson	0,45	0,90	1,6	2	50	225 800
60501	Hamilton	Barton/Sanford	0,40	0,67	2,5	4	18	18 650
61501	Kitchener	Edna/Frederick	0,52	0,83	2,2	4,5	20	56 000
90204	Calgary	316-7th Avenue	0,43	0,93	2,2	9	25	16 150
00104	Vancouver	27th/Ontario	0,50	0,77	1,8	18	200	10 800
00106	Vancouver	2294 W. 10th	0,41	0,67	1,3	17	100	30 000
00109	Vancouver	970 Burrard	0,56	0,77	1,9	4	20	21 200
00114	Vancouver	Mun. Hall (Richmond)	0,46	0,83	2,1	15	100	29 000
00117	Vancouver	BCIT Burnaby	0,51	0,87	2,2	18	200	35 000
00303	Victoria	1250 Quadra	0,45	1,0	2,3	12	18	12 000

* Uniquement celles du réseau NSPA dont les observations étaient complètes.

8 INDICE DE SOUILLURE

L'indice de souillure renseigne sur le potentiel salissant ou noircissant des fines particules atmosphériques et s'exprime en unités cohs (*coefficient of haze*). Aucun objectif national de qualité d'air ambiant n'a été établi pour ce paramètre. Les sources les plus probables de particules sont les foyers de combustion, les procédés industriels, les gaz d'échappement, les incendies de forêt, le brûlage à des fins agricoles et les émissions diffuses de poussières.

Comme le montre la figure 24 (et le tableau A12), la moyenne composée de la moyenne annuelle des indices des stations a diminué notablement, c'est-à-dire d'environ

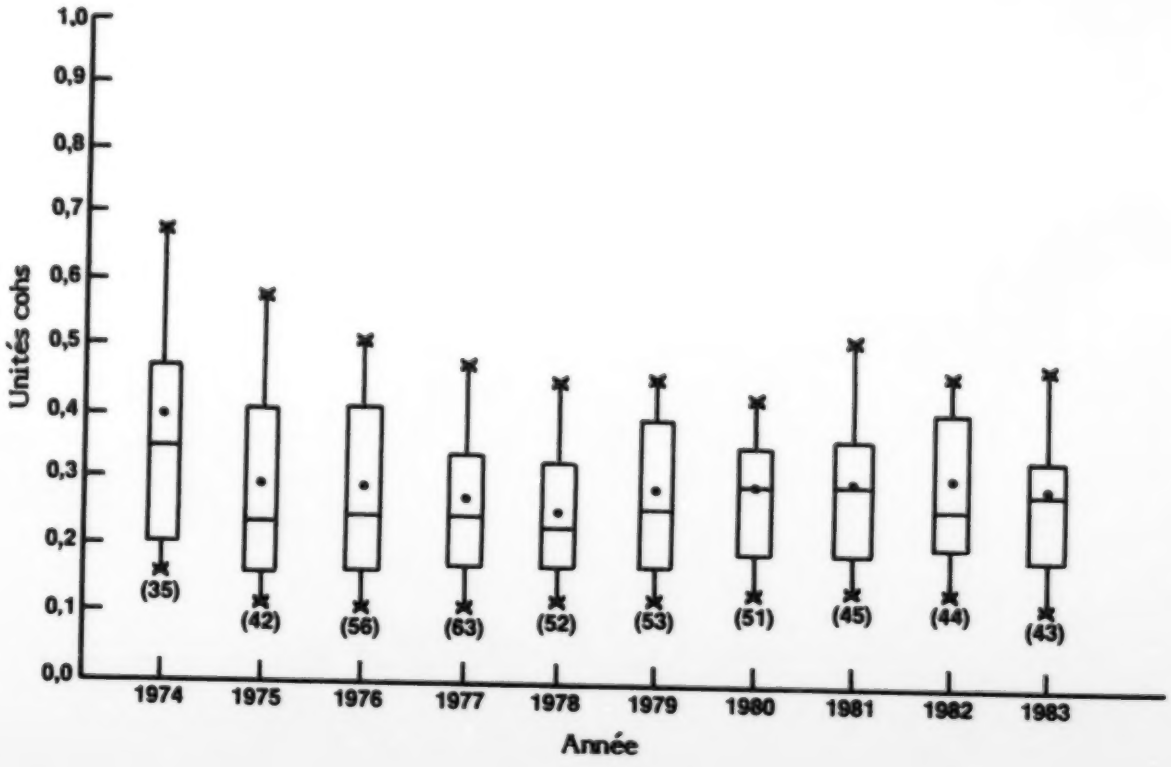


Figure 24 *Indice de souillure: distribution des données sur les moyennes annuelles des stations (1974-1983)*

25 p. 100, entre 1974 et 1983, passant de 0,38 à 0,28 unité. La plus grande partie de la baisse s'explique par les teneurs moindres observées aux stations traditionnellement les plus polluées.

Malgré cette amélioration générale, le test de Wilcoxon ne montre aucune baisse significative entre années consécutives sauf en 1980 et en 1983 (tableau 3). La répartition des moyennes annuelles pour 1980 et 1983 (figure 24) montre un étalement moindre de l'intervalle qui va du 75^{e} au 25^{e} percentile qu'aux autres années, ce qui confirme le constat d'une baisse statistiquement significative.

La figure 25 montre les résultats du test de Tukey pour déterminer les modifications à long terme de la moyenne annuelle des valeurs moyennes de l'indice de souillure observées dans les stations de catégorie I et dans l'ensemble du réseau NSPA. Au cours des dernières années, on constate que la concordance entre les deux groupes de stations s'améliore. Cependant, dans les stations de catégorie I, les indices tendent à être plus élevés que pour l'ensemble des stations, ce qui s'explique par le fait qu'il s'agit de stations de centres-villes. D'après le test de Tukey, appliqué à l'ensemble des stations, il y a eu

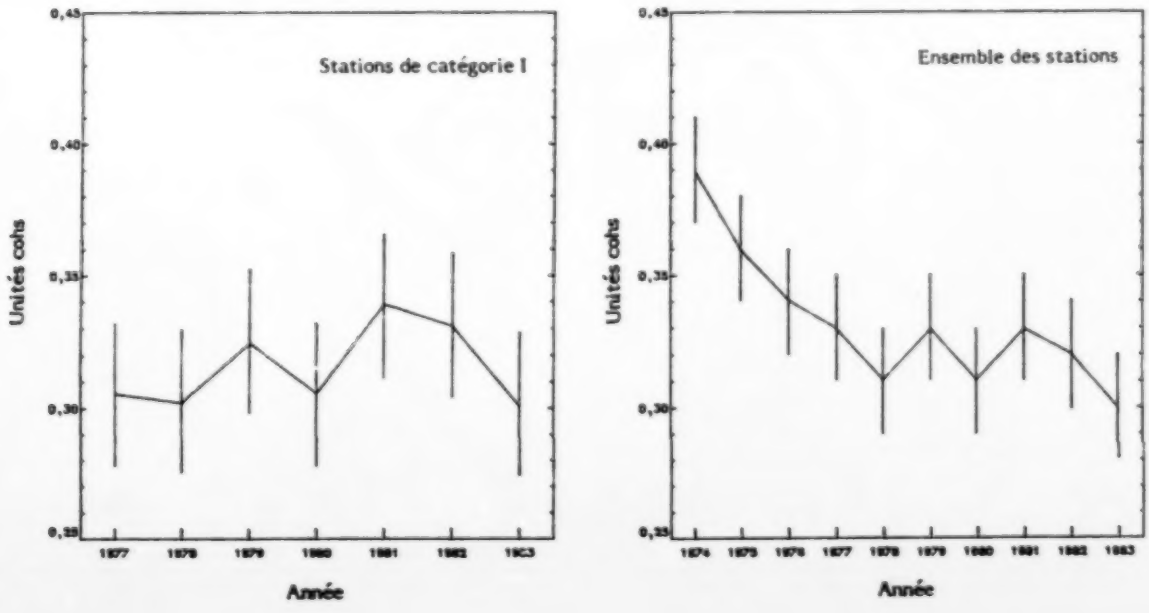


Figure 25 *Indice de souillure: évolution des moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et celles de catégorie I, aux limites de confiance de 95 p. 100 (1974-1983)*

modification significative (au niveau de confiance de 95 p. 100) entre 1974-1975 et les années 1978, 1980 et 1983. Pour la période qui va de 1976 à 1983, il n'y a pas de changement significatif, car les limites de confiance se superposent.

Dans les villes comme Montréal, Toronto, Hamilton, Windsor et Vancouver, les indices élevés de souillure précédemment observés (2) se sont maintenus en 1982 et en 1983. En 1983, la station North Park (60505R) à Hamilton se situe au second rang (0,54 unité coh). Au premier rang, en 1982 et 1983, se trouve la station torontoise de Bathurst et Wilson (60412R) où on a observé 0,60 et 0,57 unité coh. Cette station est située près d'une grande voie rapide (route 401).

9 INDICE ANNUEL DE LA QUALITÉ DE L'AIR

9.1 Fondement de l'indice de la qualité de l'air

L'indice annuel de la qualité de l'air permet d'exprimer en une seule grandeur les données complexes et volumineuses rassemblées sur de nombreux polluants atmosphériques. Les objectifs nationaux de la qualité de l'air ambiant servent d'échelle de comparaison quantitative des effets des différents polluants sur la qualité de l'air. Des explications détaillées et des instructions sur l'utilisation de l'indice ont été publiées sous forme de lignes directrices (6) dont nous ne résumons ici que les principales hypothèses sous-jacentes:

a) L'indice se fonde sur les données recueillies pour SO_2, NO_2, CO, O_3 et les PTS dans les stations de surveillance de catégorie I.

b) L'indice se fonde sur la moyenne des sous-indices des trois polluants qui influent le plus sur la qualité de l'air.

c) Aux teneurs définies, les effets de tous les polluants ont une importance égale pour la qualité de l'air.

d) L'indice est établi à partir des teneurs mesurées qui n'ont pas été dépassées plus de 2 p. 100 du temps, comme le recommande l'Organisation mondiale de la santé.

e) Si, pour un polluant donné, plus d'un indice peut être calculé, on retient le plus élevé.

Les conditions qui viennent d'être énumérées font que l'indice peut être qualifié de strict, puisqu'il est fondé sur le 98^e percentile des teneurs et sur l'indice calculé le plus élevé, plutôt que sur les teneurs moyennes.

9.2 Indices de la qualité de l'air, de 1977 à 1983

Pour la période de 1977 à 1983, on a calculé et résumé au tableau 7 les indices annuels de la qualité de l'air pour les stations de catégorie I. Une cote descriptive (bon: de 0 à 25; passable: de 30 à 50; mauvais: plus de 50) a été affectée à chaque station, à la lumière des données d'observation recueillies entre 1977 et 1983. Comme les variations enregistrées d'une année à l'autre dans chaque station ne sont pas importantes, il est probablement trop tôt pour en évaluer quantitativement l'évolution.

La majorité des stations peuvent se situer dans la cote "passable". Neuf stations ont affiché un indice inférieur à 25 (bon), pour au moins une année sur les deux dernières (1982-1983). Dans les trois stations à qui l'on a décerné la cote "mauvais" en 1981, il y a

eu amélioration considérable, car elles se situent maintenant dans la cote "passable". On constate que le nombre de stations ayant la cote "bon" augmente d'année en année.

Tableau 7
Indices de la qualité de l'air dans les stations de catégorie I, de 1977 à 1983

Ville	Nº de la station	Emplacement	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	Cote
Halifax	30116C	Barrington and Duke	22	22	26	26	27	14	21	B
Saint John	40202C	Post Office	--	--	--	37	34	34	23	B
Montreal	50115C	Peel and Maisonneuve	45	50	46	51	50	-	25	
	50116R	3161 Joseph, Verdun	--	--	39	35	36	34	39	
	50102R	Jardin Botanique	39	37	34	35	26	26	22	B
	50109C	Duncan and Decarie	43	49	51	50	47	45	46	
	50112C	Boul. Laurentides	--	35	30	26	29	37	31	
	50110C	Parc Pilon, Mtl-Nord	--	--	31	34	36	37	26	
Hull	50203R	Gamelin and Joffre	--	20	28	19	20	28	22	B
Quebec City	50304C	155 Dorchester Sud	58	47	47	44	37	27	36	
Ottawa	60101C	88 Slater Street	42	39	38	35	24	40	33	
Windsor	60204C	471 University	46	46	33	43	42	40	39	
Toronto	60417C	26 Breadalbane Street	40	43	44	42	41	33	40	
	60412R	Bathurst and Wilson	44	42	45	38	39	40	29	
	60410R	Lawrence and Kennedy	37	40	40	35	41	34	40	
	60415R	Queensway W. and Hurontario	--	40	40	38	43	34	40	
	60402R	Don Mills,Science Centre	--	--	31	31	33	27	30	
	60413R	Elmcrest Road	36	41	34	34	38	37	39	
Hamilton	60501C	Barton and Sanford	51	51	48	40	43	46	45	
London	60901C	King and Rectory	44	42	44	42	41	40	36	
St. Catharines	61301C	North and Geneva	46	42	38	33	40	35	43	
Kitchener	61501C	Edna and Frederick	41	47	41	41	43	38	43	
Winnipeg	70119C	65 Ellen Street	--	39	40	53	39	27	32	
	70118R	Jefferson and Scotia	34	28	44	41	35	27	28	
Regina	80109C	1620 Albert Street	--	--	40	41	52	35	33	
Edmonton	90130C	10255-104th Street	48	48	53	48	43	49	34	
	90122R	127 St. and 133 Avenue	39	41	45	39	39	39	38	
Calgary	90227C	1611-4th Street S.W.	48	49	56	32	29	30	29	
	90222R	39 St. and 29 Ave. N.W.	36	35	37	46	36	38	33	
Vancouver	00112C	Robson and Hornby	36	32	37	31	42	21	18	B
	00106R	2294 West 10th Avenue	36	34	40	27	30	24	23	B
	00108I	250 West 70th Avenue	40	36	42	33	34	35	29	
	00110R	E. Hastings and Kensington	33	36	36	26	23	19	18	B
	00111I	Rocky Pt. Park	--	26	32	40	43	26	25	B
Victoria	00302C	1250 Quadra St.	29	23	23	18	22	21	17	B

Indice	Cote
0 - 25	Bon
26 - 50	Passable
51 - 100	Mauvais
100 +	Très mauvais

Nota: Comme la plupart des stations se situent dans la cote "Passable", on ne précise que celles ayant reçu la cote "Bon".

RÉFÉRENCES

1. Nicholl, C.S. et P.J. Choquette, "Ambient Air Quality 1970-74, A Statistical Analysis", Direction générale de l'assainissement de l'air, Environnement Canada, rapport EPS 5-AP-76-14, février 1977.
2. Souchen, P., "Évolution de la qualité de l'air au Canada, de 1970 à 1977", Direction générale de l'assainissement de l'air, Environnement Canada, rapport EPS 5-AP-78-27F, avril 1979.
3. Barton, S.C., "Évolution de la qualité de l'air au Canada, en région urbaine, de 1970 à 1979", Direction générale de l'assainissement de l'air, rapport EPS-5-AP-81-14, avril 1982.
4. "Surveillance nationale de la pollution atmosphérique", extraits annuels, 1974 à 1983, rapport de surveillance, Direction générale de l'assainissement de l'air, Environnement Canada.
5. Furmanczyk, T., "Évolution de la qualité de l'air en milieu urbain, au Canada (1974-81)", Rapport EPS 7/AP/14, Environnement Canada (1984).
6. "Guidelines for an Annual Air Quality Index", rapport du Comité fédéral-provincial de la pollution atmosphérique, août 1980.
7. "Criteria for National Air Quality Objectives", rapport du Sous-comité des objectifs de qualité de l'air, Comité fédéral-provincial de la pollution de l'air, novembre 1976.
8. Byrkit, Donald R., *Elements of Statistics (2nd Edition)*, publié par D. Van Nostrand Co., Library of Congress Cat. Card No. 74-25312; ISBN: 0-442-21413-8 (1972).
9. Pollak, Allison K., "Analysis of Variance Applied to National Ozone Air Quality Trends" Systems Applications Inc., San RaFael, California.
10. A Nationwide Inventory of Anthropogenic Sources and Emissions of Primary Fine Particulate Matter, Approvisionnement et Services Canada, contrat nº 05580-00133.
11. Environnement Canada, "Rapport sur l'observation du règlement sur les normes nationales de dégagement des fonderies de plomb de seconde fusion", Direction de la gestion des programmes, rapport EPS-1/MM/1 (publication bilingue), 1985.
12. Jaques, A.J., "Inventaire national des sources et des rejets de plomb-(1982)", Environnement Canada, rapport EPS/HA/3, septembre 1985.
13. Environnement Canada, "Emissions and Trends of Common Air Contaminants in Canada (1970-1980)", rapport provisoire.
14. National Energy Board "Canadian Energy Supply and Demand 1983-2005", Summary Report (Septembre 1984).
15. U.S. Environmental Protection Agency (1985) "National Air Quality and Emissions Trends Report", EPA-450/4-84-029, 1983.
16. Environnement Canada, "Émissions de véhicules légers et la question des oxydants au Canada", Division des services techniques, Service de la protection de l'environnement, Ottawa, rapport EPS 2/TS/3 (publication bilingue), mai 1984.
17. Environnement Canada, "Teneurs de l'atmosphère en particules de plomb, au Canada, 1975 à 1983", Direction de la gestion des programmes, rapport EPS 7/AP/15 (publication bilingue), septembre 1985.

18. U.S. Environmental Protection Agency, "Intra-Agency Task Force Report on Air Quality Indicators", EPA-450/4-81-015, février 1981.

ANNEXE A

Évolution de la qualité de l'air au Canada, en régions urbaines, de 1974-1983
Tableaux synoptiques

TABLEAU A1 ANHYDRIDE SULFUREUX: NOMBRE DE STATIONS OÙ IL Y A EU VARIATION DE LA TENEUR ANNUELLE MOYENNE (1974-1983)

	Nombre de stations			
Période	Baisse	Hausse	Aucun changement**	Total
1974-75*	11	2	10	23
1975-76	7	4	18	29
1976-77	11	9	20	40
1977-78*	19	4	30	53
1978-79	12	6	40	58
1979-80	12	9	35	56
1980-81*	7	2	31	40
1981-82	7	6	32	45
1982-83	4	2	43	49

* Baisse statistiquement significative des teneurs en anhydride sulfureux.
** Comprend les stations où l'écart, inférieur à 10,0 ppb, n'est pas dû à l'inexactitude des instruments ou à d'autres erreurs.

TABLEAU A2 ANHYDRIDE SULFUREUX: POURCENTAGE DE STATIONS DANS LES INTERVALLES DE TENEURS DÉFINIS PAR LES OBJECTIFS NATIONAUX DE QUALITÉ D'AIR AMBIANT (1974-1983)

Intervalle (ppb)	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A) Moyennes annuelles										
0 à 11*	41	53	54	59	68	67	65	75	84	89
12 à 23**	41	36	36	36	25	29	34	23	14	9
>23	18	11	10	5	7	4	1	2	2	2
Nbre de stations	27	36	48	59	71	69	65	51	59	60
B) Maximum sur 24 h										
0 à 60*	60	59	56	54	42	41	57	49	59	65
61 à 110**	25	24	29	24	44	44	36	38	35	21
111 à 310***	15	17	15	21	13	15	6	12	4	10
>310	--	--	--	1	1	--	1	1	2	4
Nbre de stations	55	63	75	83	92	90	89	82	81	78
C) Maximum sur 1 h										
0 à 170*	56	57	56	59	61	62	74	55	64	73
171 à 340**	31	21	33	23	22	27	16	30	27	17
>340	13	22	11	18	17	11	11	15	9	10
Nbre de stations	55	63	75	83	92	89	88	82	81	78

* Teneur souhaitable.
** Teneur acceptable.
*** Teneur admissible.

TABLEAU A3 DIOXYDE D'AZOTE: NOMBRE DE STATIONS OÙ IL Y A EU VARIATION DE LA TENEUR ANNUELLE MOYENNE (1977-1983)

Période	Nombre de stations			
	Baisse	Hausse	Aucun changement**	Total
1977-78	8	9	4	21
1978-79*	12	4	7	23
1979-80	15	6	10	31
1980-81	8	6	17	31
1981-82	9	9	13	31
1982-83*	14	1	15	30

* Baisse statistiquement significative des teneurs en dioxyde d'azote, au niveau de confiance de 95 p. 100, pour la période indiquée.

** Comprend les stations où l'écart, inférieur à 10,0 ppb, n'est pas dû à l'inexactitude des instruments ou à d'autres erreurs.

TABLEAU A4 DIOXYDE D'AZOTE: POURCENTAGE DE STATIONS DANS LES INTERVALLES DE TENEURS DÉFINIS PAR LES OBJECTIFS NATIONAUX DE QUALITÉ D'AIR AMBIANT (1977-1983)

Intervalle (ppb)	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A) Moyennes annuelles							
0 à 32*	59	64	76	78	86	86	97
33 à 53**	37	36	24	22	14	14	3
>53	4	--	--	--	--		--
Nbre de stations	27	33	34	37	36	38	33
B) Maximum sur 24 h							
0 à 110**	84	87	92	90	90	92	92
111 à 160***	16	13	8	10	8	8	8
>160	--	--	--	--	2		--
Nbre de stations	44	47	49	50	49	49	50
C) Maximum sur 1 h							
0 à 210**	86	87	96	92	86	84	96
211 à 530***	14	13	2	8	14	16	4
>530	--	--	2	--	--		--
Nbre de stations	44	47	49	50	49	49	50

* Teneur souhaitable.
** Teneur acceptable.
*** Teneur admissible.

TABLEAU A5 MONOXYDE DE CARBONE: NOMBRE DE STATIONS OÙ IL Y A EU VARIATION DE LA TENEUR ANNUELLE MOYENNE (1974-1983)

Période	Nombre de stations			
	Baisse	Hausse	Aucun changement*	Total
1974-75*	9	3	3	15
1975-76	7	9	3	19
1976-77	8	7	9	24
1977-78	8	9	11	28
1978-79	9	10	13	32
1979-80*	17	6	14	37
1980-81	5	8	19	32
1981-82*	13	1	18	32
1982-83	11	3	21	35

* Baisse statistiquement importante.

** Comprend les stations où l'écart, inférieur à 0,1 ppm, n'est pas dû à l'inexactitude des instruments ou à d'autres erreurs.

TABLEAU A6 MONOXYDE DE CARBONE: POURCENTAGE DE STATIONS DANS LES INTERVALLES DE TENEURS DÉFINIS PAR LES OBJECTIFS NATIONAUX DE QUALITÉ D'AIR AMBIANT (1974-1983)

Intervalle (ppm)	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A) Maximum sur 8 h										
0 à 5,0*	11	6	14	17	21	18	23	13	15	25
5,1 à 15**	60	67	70	73	71	63	69	73	74	71
13,1 à 17***	22	18	14	6	6	14	4	12	6	--
>17	7	9	2	4	2	6	4	2	5	4
Nbre de stations	27	33	42	48	52	51	52	52	53	51
B) Maximum sur 1 h										
0 à 13*	30	18	32	31	42	39	59	46	51	59
13,1 à 31**	67	76	63	65	56	55	38	46	42	37
>31	3	6	5	4	2	6	3	8	7	4
Nbre de stations	27	33	42	48	52	51	52	52	53	51

* Teneur souhaitable.
** Teneur acceptable.
*** Teneur admissible.

TABLEAU A7 OZONE: NOMBRE DE STATIONS OÙ IL Y A EU VARIATION DE LA TENEUR ANNUELLE MOYENNE (1979-1983)

	Nombre de stations			
Période	Baisse	Hausse	Aucun changement**	Total
1979-80	10	9	15	34
1980-81*	13	4	15	32
1981-82*	3	12	17	32
1982-83	5	10	16	31

* Baisse statistiquement importante de la moyenne annuelle.
** Comprend les stations où l'écart, inférieur à 1,0 ppb, n'est pas dû à l'inexactitude des instruments ou à d'autres erreurs.

TABLEAU A8 OZONE: POURCENTAGE DE STATIONS DANS LES INTERVALLES DE TENEURS DÉFINIS PAR LES OBJECTIFS NATIONAUX DE QUALITÉ D'AIR AMBIANT (1979-1983)

Intervalle (ppb)	1979	1980	1981	1982	1983
A) Moyennes annuelles					
0 à 15**	50	46	54	45	39
>15	50	54	46	55	61
Nbre de stations	38	41	35	40	36
B) Maximum sur 1 h					
0 à 50*	2	4	6	4	
51 à 80**	16	22	26	25	34
81 à 150***	62	68	58	69	58
>150	20	6	10	2	8
Nbre de stations	45	50	50	49	50

* Teneur maximale souhaitable.
** Teneur maximale acceptable.
*** Teneur maximale admissible.

TABLEAU A9 PARTICULES EN SUSPENSION: NOMBRE DE STATIONS OÙ IL Y A EU VARIATION DE LA TENEUR ANNUELLE MOYENNE (1974-1983)

	Nombre de stations			
Période	Baisse	Hausse	Aucun changement***	Total
1974-75*	30	9	12	51
1975-76	14	17	23	54
1976-77*	23	13	31	67
1977-78	26	12	36	74
1978-79**	14	40	31	85
1979-80**	17	34	33	84
1980-81*	42	4	28	74
1981-82*	43	5	22	70
1982-83*	39	10	29	78

* Baisse statistiquement significative de la moyenne géométrique annuelle.
** Hausse statistiquement significative de la moyenne géométrique annuelle.
*** Comprend les stations où l'écart, inférieur à 4 $\mu g/m^3$, n'est pas dû à l'inexactitude des instruments ou à d'autres erreurs.

TABLEAU A10 PARTICULES EN SUSPENSION: POURCENTAGE DE STATIONS DANS LES INTERVALLES DE TENEURS DÉFINIS PAR LES OBJECTIFS NATIONAUX DE QUALITÉ D'AIR AMBIANT (1974-1983)

Intervalle ($\mu g/m^3$)	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
A) Moyennes géométriques annuelles										
0 à 60*	32	47	45	50	56	48	44	61	80	81
61 à 70**	19	11	18	26	17	18	22	21	8	9
>70	49	42	37	24	27	34	34	18	12	10
Nbre de stations	59	60	76	83	95	95	101	87	93	88

* Teneur souhaitable.
** Teneur acceptable.

TABLEAU A11 PLOMB: NOMBRE DE STATIONS OÙ IL Y A EU VARIATION DE LA TENEUR ANNUELLE MOYENNE (1974-1983)

Période	Nombre de stations			
	Baisse	Hausse	Aucun changement**	Total
1974-75*	23	3	23	49
1975-76*	19	3	20	42
1976-77*	18	3	26	47
1977-78*	30	7	18	55
1978-79*	28	6	22	56
1979-80*	30	6	33	69
1980-81	19	10	29	59
1981-82*	32	2	31	65
1982-83	27	6	33	66

* Le test de Wilcoxon indique une baisse significative des teneurs en plomb entre 1974 et 1983.

** Comprend les stations où l'écart, inférieur à 0,04 $\mu g/m^3$, n'est pas dû à l'inexactitude des instruments ou à d'autres erreurs.

TABLEAU A12 INDICE DE SOUILLURE: NOMBRE DE STATIONS OÙ IL Y A EU VARIATION DE L'INDICE ANNUEL MOYEN (1974-1983)

Période	Nombre de stations			
	Baisse	Hausse	Aucun changement*	Total stations appariées
1974-75	12	10	5	27
1975-76	16	16	7	39
1976-77	16	12	19	47
1977-78	21	13	18	52
1978-79	18	20	15	53
1979-80**	21	12	9	42
1980-81***	4	16	17	37
1981-82	14	12	11	37
1982-83	15	6	7	28

* Comprend les stations où l'écart, inférieur à 0,01 unité coh, n'est pas dû à l'inexactitude des instruments ou à d'autres erreurs.

** Baisse significative d'après le test de Wilcoxon.

*** Hausse significative d'après le test de Wilcoxon.

TABLEAU A13 QUALITÉ DE L'AIR EN MILIEU URBAIN AU CANADA - 1974 À 1983
RÉSUMÉ DES DONNÉES

Polluant	Année	Nombre de stations	Moyenne des moyennes annuelles	Pourcentages des stations ayant enregistré des moyennes annuelles inférieures à l'objectif				
				90 %	75 %	50 %	25 %	10 %
SO_2 (ppb)	1974	27	16	26	22	12	<10	<10
	1975	36	15	23	19	11	<10	<10
	1976	48	14	24	20	11	<10	<10
	1977	59	14	23	15	<10	<10	<10
	1978	71	13	20	13	<10	<10	<10
	1979	69	12	18	13	<10	<10	<10
	1980	65	12	18	13	<10	<10	<10
	1981	51	11	14	11	<10	<10	<10
	1982	59	11	12	10	<10	<10	<10
	1983	60	11	12	<10	<10	<10	<10
NO_2 (ppb)	1977	27	31	44	39	27	21	19
	1978	33	29	40	35	29	20	18
	1979	34	26	34	31	27	19	12
	1980	38	25	37	31	23	19	11
	1981	36	23	32	29	22	16	11
	1982	38	23	34	27	22	18	10
	1983	33	22	29	26	23	18	12
CO (ppm)	1974	18	24	50	30	22	12	07
	1975	22	19	28	24	17	13	08
	1976	29	16	24	19	14	09	07
	1977	33	16	23	19	14	09	05
	1978	40	15	28	20	13	08	05
	1979	42	17	32	20	15	10	08
	1980	43	15	28	18	14	09	06
	1981	36	15	23	16	14	09	05
	1982	41	13	22	19	12	09	05
	1983	43	12	21	14	10	07	05
Ozone (ppb)	1979	39	15	20	18	15	12	10
	1980	41	16	21	20	16	12	09
	1981	35	15	20	18	15	12	10
	1982	40	16	21	19	16	13	10
	1983	36	16	21	14	10	07	05
Particules en suspension ($\mu g/m^3$)	1974	59	78,6	121,0	96,0	70,0	53,0	43,0
	1975	59	65,9	98,0	77,0	61,0	51,0	39,0
	1976	76	65,7	91,0	78,0	64,0	50,0	43,0
	1977	83	61,9	93,0	69,0	61,0	48,0	39,0
	1978	91	61,4	92,0	68,0	53,0	44,0	36,0
	1979	96	66,0	99,0	78,0	60,0	50,0	38,0
	1980	101	67,0	99,0	77,0	64,0	50,0	40,0
	1981	87	58,6	80,0	66,0	56,0	42,0	37,0
	1982	93	51,8	77,0	58,0	49,0	39,0	33,0
	1983	88	47,6	68,0	53,0	43,0	36,0	30,0

TABLEAU A13 (suite)

Polluant	Année	Nombre de stations	Moyenne des moyennes annuelles	Pourcentages des stations ayant enregistré des moyennes annuelles inférieures à l'objectif				
				90 %	75 %	50 %	25 %	10 %
Plomb ($\mu g/m^3$)	1974	58	0,68	1,22	0,97	0,53	0,26	0,15
	1975	57	0,55	1,00	0,83	0,41	0,23	0,15
	1976	57	0,49	1,00	0,70	0,32	0,17	0,11
	1977	64	0,46	0,89	0,67	0,36	0,19	0,10
	1978	74	0,42	0,75	0,57	0,36	0,23	0,14
	1979	79	0,39	0,72	0,55	0,36	0,21	0,12
	1980	84	0,34	0,60	0,47	0,30	0,17	0,10
	1981	75	0,32	0,62	0,41	0,24	0,17	0,11
	1982	80	0,27	0,53	0,37	0,23	0,14	0,09
	1983	81	0,25	0,45	0,35	0,24	0,14	0,08
Indice de souillure (en coh)	1974	35	0,38	0,67	0,46	0,34	0,20	0,14
	1975	42	0,28	0,56	0,40	0,23	0,16	0,11
	1976	56	0,28	0,49	0,40	0,24	0,16	0,10
	1977	63	0,27	0,47	0,33	0,24	0,17	0,10
	1978	63	0,25	0,44	0,32	0,22	0,17	0,11
	1979	67	0,28	0,45	0,39	0,26	0,18	0,15
	1980	51	0,28	0,43	0,34	0,28	0,18	0,13
	1981	45	0,30	0,54	0,35	0,29	0,18	0,12
	1982	44	0,30	0,46	0,41	0,26	0,20	0,13
	1983	35	0,28	0,47	0,33	0,27	0,18	0,12

ANNEXE B

Évolution des moyennes annuelles des teneurs en polluants: projet de modification de la méthode EPA

Évolution des moyennes annuelles des teneurs en polluants: projet de modification de la méthode EPA

D.A. MacLeod
Division de la statistique appliquée
Direction du logiciel d'application et des méthodes quantitatives
Direction générale des systèmes et de l'information
Environnement Canada

Lorsqu'on mesure la teneur en un polluant dans un ensemble de stations et que, pour chaque année, on calcule des valeurs représentatives (moyenne, percentiles, etc.), on obtient un ensemble de données dans le genre de celles apparaissant dans le tableau ci-dessous.

ENSEMBLE TYPIQUE DE DONNÉES

		Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
	Station 1	X	X	X	X
	Station 2	X	X	X	X
Ville 1	Station 3	X	X	X	X
	Station 4	X	X	X	X
	Station 5	X	X	X	X
Ville 2	Station 6	X	X	X	X
	Station 7	X	X	X	X
Ville 3	Station 8	X	X	X	X
	Station 9	X	X	X	X
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	Moyenne annuelle	X	X	X	X

Afin d'évaluer l'évolution globale des teneurs en un polluant donné, on établit la moyenne annuelle des valeurs observées dans les stations pour obtenir une série de moyennes annuelles qui sont ensuite disposées comme sur la figure B1.

Les limites de confiance exigées sont plus complexes que les limites normalement requises en statistiques car elles doivent s'appliquer *à l'orientation* des moyennes annuelles et non pas aux moyennes. Dans l'exemple donné à la figure B1, les limites de confiance attachées à la moyenne de l'année 1 indiqueraient normalement dans quelle plage se situeraient les valeurs moyennes réelles pour l'année 1 à un niveau de confiance précisé

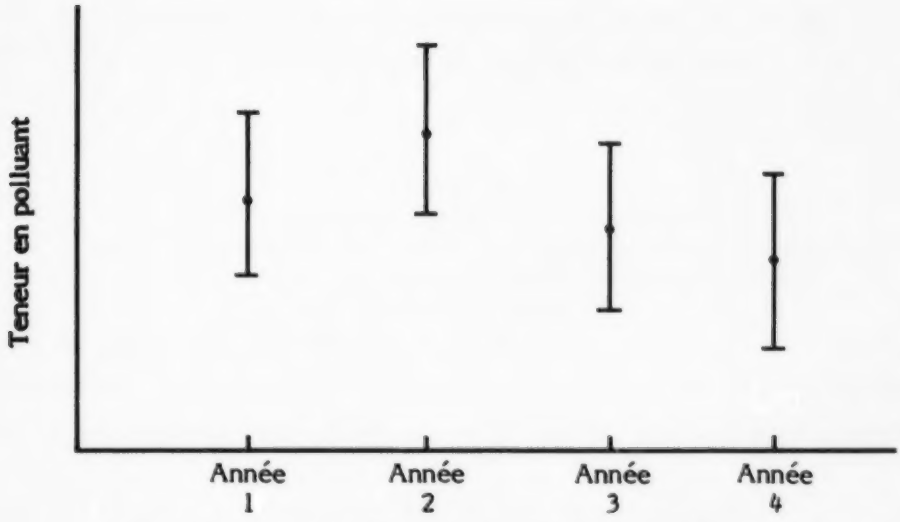


Figure B1 *Graphique typique des moyennes annuelles*

(p. ex., 95 p. 100). Tel n'est pas le cas ici les limites étant appliquées *aux écarts* entre les moyennes et non aux moyennes. Par exemple, à l'aide de la paire de limites attachées aux moyennes de l'année 1 et de l'année 2, on tente de dégager si la moyenne réelle de l'année 1 diffère significativement de la moyenne réelle de l'année 2.

La méthode EPA. - Cette méthode est présentée dans une communication de Pollack, Hunt et Curran (1984); les limites de confiance sont calculées en deux étapes:

1° Analyse de variance (ANOVA) pour préciser la variance de l'erreur dans les données, et

2° Conversion de l'erreur en limites de confiance ou moyennes annuelles à l'aide du test de comparaison multiple de Tukey.

L'ANOVA est une analyse de variance unique à mesures répétées (ou une analyse à double variance) appliquée au tableau des stations et des données annuelles. On obtient trois composantes: entre les années, entre les stations et l'erreur. L'obtention de la variance de l'erreur résiduelle S^2 est primordiale. S^2 étant connu, on calcule l'erreur type S_m applicable à chaque moyenne annuelle pour des fins de comparaison avec les autres moyennes.

$$S_m = S/n^{1/2}$$

où n = le nombre de stations.

Pour la dernière étape (conversion de S_m en limites de confiance), il est nécessaire de

préciser à quelles comparaisons ces limites peuvent servir. L'EPA a adopté une approche qui permet de comparer n'importe quelle moyenne avec une autre, de sorte que la probabilité que même une paire soit erronément déclarée significative égale le niveau de confiance précisé. D'autres approches permettraient d'obtenir des limites de confiance plus étroites, mais dans ce cas, on serait limité par le genre de comparaisons de moyennes possibles. L'approche de l'EPA offre l'avantage qu'elle permet de rassembler les moyennes annuelles les plus élevées et les plus basses pour qu'elles ressortent visuellement du graphique, afin de les soumettre au test de signification de la différence.

Les limites de confiance sont établies en calculant une différence critique C de sorte que la tendance entre deux moyennes n'est significative que si la différence est supérieure à C

$C = (S_m \times q(k,n;a)$

où $q(k,n;a)$ = la valeur de la table de Tukey des moyennes calculées par le t de student;

k = le nombre d'années considéré dans la période;

n = le nombre de degrés de liberté de S_m, qui si l'on utilise l'approche de l'EPA équivaut à $(n^{-1})(k^{-1})$; et

a = le niveau de signification (normalement 95 p. 100).

Les limites de confiance centrées autour de la moyenne annuelle égalent la *moitié* de C de sorte que les limites attachées à chaque moyenne d'une paire se recouvrent uniquement si leur écart est inférieur à C.

Modifications proposées. - La procédure utilisée pour calculer les limites de confiance appliquées dans ce rapport est essentiellement la même que l'approche de l'EPA décrite dans la communication de Pollack, Hunt et Curran (1984) si l'on fait exception des deux changements ci-dessous:

- La méthode a été élargie pour tenir compte des situations où certaines données de la rangée manquent; et
- Les données ont été divisées en plusieurs petites rangées, à raison d'une rangée par ville, et chaque rangée a été analysée séparément; les résultats ont ensuite été combinés.

Valeurs manquantes

Il nous manquait un nombre considérable de valeurs pour certaines années de la période étudiée soit parce que plusieurs stations n'étaient pas encore en opération ou qu'elles l'étaient depuis trop peu de temps pour qu'une valeur soit établie. Nous avons

résolu ce problème en utilisant la méthode normalisée de l'analyse double de variance décrite dans la plupart des tests statistiques, par exemple de Snedecor et Cochran (1967). La valeur X de remplacement d'une seule valeur manquante est:

$$X = (rR + cC - T)/(r - 1)(c - 1)$$

où r et c = le nombre de rangées et de colonnes

R et C = la somme de toutes les valeurs des données dans la rangée et la colonne de la valeur manquante; et

T = la somme de toutes les données de l'ensemble (sauf la valeur manquante).

Lorsqu'il manque plus d'une donnée dans un ensemble, l'équation ci-dessus sert de façon répétée (décrite dans les textes de Snedecor et Cochran et d'autres). Dans un premier temps, on estime les valeurs provisoires au jugé, puis pour chaque donnée manquante à tour de rôle, on ôte la valeur provisoire et on calcule une nouvelle valeur de remplacement. Le cycle est répété jusqu'à ce que chaque valeur de remplacement converge vers sa limite.

Lorsqu'on a remplacé ainsi chaque valeur manquante, on calcule les moyennes annuelles et on réalise l'analyse de variance de la façon habituelle en considérant les valeurs de remplacement comme si elles étaient des données réelles. Le seul réglage nécessaire est de réduire n, le nombre de degrés de liberté pour l'élément d'erreur, du nombre de valeurs manquantes:

Ainsi n = (r - 1) (c - 1) - (nbre de valeurs manquantes)

On calcule ensuite la variance résiduelle S^2 au moyen de ce n réduit:

S^2 = (somme des erreurs des cases)/(n)

Une rangée par ville

Cette modification a été apportée afin de réduire la variance de la composante d'erreur, laquelle dépend de la variation dans la tendance entre les stations dans l'analyse. En soumettant les données d'une seule ville à l'analyse de variance, la composante d'erreur devrait être assez minime, étant donné que l'évolution pour les stations d'une ville donnée devrait être à peu près la même. Or, en soumettant toute la grille des stations à l'ANOVA, la variance d'erreur est déterminée par la variation des tendances pour l'ensemble des stations et des villes. L'évolution pouvant considérablement varier d'une ville à l'autre, la variation pourrait être relativement importante.

Pour parvenir à cette réduction de la composante d'erreur, nous avons:

- obtenu des valeurs de remplacement pour chaque ville séparément

- procédé à une analyse de variance unique à mesures répétées pour chaque ville, et obtenu une valeur pour l'erreur résiduelle S^2 et n
- calculé la variance résiduelle S^2

$$S^2 = \frac{\text{Somme des erreurs des cases}}{\text{Somme des n}}$$

- calculé les moyennes annuelles pour l'ensemble des stations et des villes
- calculé l'erreur type (S_m) de ces moyennes annuelles

$$S_m = S/n^{1/2}$$

- ici, n correspond au nombre annuel moyen de stations pour lesquelles nous disposions d'une valeur au départ et non pas au nombre total des stations
- calculé la différence critique C

$$C = S_m \times q(k,n;a)$$

où k = le nombre d'années dans la période et a est le niveau de confiance appliqué auparavant; et

n = le nombre de degrés de liberté pour S_m est égal à la somme de n considérés pour l'analyse de variance individuelle

- figure les limites de confiance pour la moitié de C pour chaque moyenne annuelle.

Il n'existe un certain nombre de cas où la méthode ne peut s'appliquer:

- Les villes dotées d'une seule station, exclues de S^2 vu l'impossibilité de procéder à l'ANOVA. On ne peut dans ce cas appliquer la formule pour la valeur de remplacement de sorte que s'il existe des valeurs manquantes, les valeurs de remplacement doivent être obtenues d'une autre façon. L'interpolation linéraire en est une.
- Les villes où le schéma des valeurs manquantes pose des problèmes. Dans le cas d'une ville présentant une valeur manquante pour toutes les stations pour une année ou plus, la formule utilisée pour calculer une valeur de remplacement ne peut être employée. Il faudra d'abord obtenir certaines valeurs de remplacement par d'autres moyens afin de combler certains vides dans ces années-problèmes.

RÉFÉRENCES

1. Pollack, Alison K., William F. Hunt, Jr. et Thomas C. Curran. *Analysis of Variance Applied to National Ozone Air Quality Trends.* Travail présenté à la 77th Meeting of APCA, San Francisco, 24-29 juin 1984.

2. Snedecor, G.F. et W.G. Cochran. *Statistical Methods*, 6th edition, Iowa State University Press, 1967.